

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDA ROBERT DE MELLO

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE DA PITAYA E DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DO  
MESOCARPO COMO CORANTE NATURAL PARA ALIMENTOS

CURITIBA

2014

FERNANDA ROBERT DE MELLO

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE DA PITAYA E DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DO  
MESOCARPO COMO CORANTE NATURAL PARA ALIMENTOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade  
Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título  
de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lys Mary Bileski Candido

CURITIBA

2014

---

M527a

Mello, Fernanda Robert de

Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya e determinação do potencial do mesocarpo como corante natural para alimentos / Fernanda Robert de Mello. – Curitiba, 2014.

100f. : il., tab.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Lys Mary Bileski Candido

Bibliografia: p. 80-100.

1. Frutas - Características. 2. Corantes naturais. 3. Antioxidantes.  
I. Candido, Lys Mary Bileski. II. Universidade Federal do Paraná.  
III. Título.

CDD: 664.8

---

**FERNANDA ROBERT DE MELLO**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E  
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA PITAYA E DETERMINAÇÃO DO  
POTENCIAL DO MESOCARPO COMO CORANTE NATURAL  
PARA ALIMENTOS**

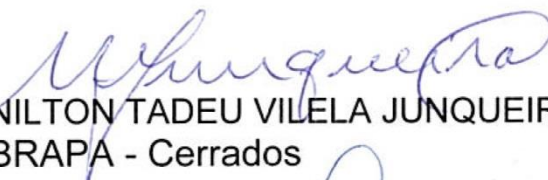
Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de  
Doutor no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de  
Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão  
formada pelos professores:



Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. LYS MARY BILESKI CÂNDIDO  
Campus Curitiba, UTFPR



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. EDNA REGINA AMANTE  
Centro de Ciências Agrárias, UFSC



Dr. NILTON TADEU VILELA JUNQUEIRA  
EMBRAPA - Cerrados



Prof. Dr. RENATO JOÃO SOSSELA DE FREITAS  
Setor de Tecnologia, UFPR



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ROSEMARY HOFFMANN RIBANI  
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 28 de agosto de 2014.

Dedico este trabalho à minha família  
Ao meu marido Marcelo e minhas filhas Vitória e Camila  
Aos meus pais Pedro e Yone  
Aos meus irmãos Fabio e Francine

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ser meu refúgio, minha rocha e segurança.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lys Mary Bileski Candido, pela orientação, compreensão e confiança depositada.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edna Regina Amante, pela orientação, dedicação e acolhida em seu laboratório para a realização deste trabalho.

À Embrapa Cerrado e ao pesquisador Dr. Nilton Tadeu Vilela Junqueira, pelo fornecimento das amostras e pela parceria.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosemary Hoffmann Ribani, pelo exemplo, incentivo e apoio.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Roseane Fett, Luciano Gonzaga e toda a equipe do Laboratório de Química de Alimentos, pela oportunidade de realizar análises em suas instalações e por todo o conhecimento compartilhado.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Joana Silveira e Luana Carolina Bosmuler pelo apoio nas análises reológicas

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alicia de Francisco pelo suporte nas análises de fibras

À Caroline Odebrecht Dias, Claudia Bernardo e toda a equipe do Laboratório de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Santa Catarina, pela amizade e ajuda.

Aos professores, colegas e funcionários do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, pela amizade, compreensão e apoio.

À minha família, amigos e irmãos de fé, pela ajuda, paciência e principalmente pelas orações, que muito me ajudaram e fortaleceram.

*"Existe uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade".*

Albert Einstein

## RESUMO

A pitaya é uma fruta nativa do México e das Américas Central e Sul. Pertence à família das *Cactáceas* e tem despertado o interesse de pesquisadores e consumidores devido ao seu valor nutricional, atividade antioxidante, coloração e sabor atrativos. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas e atividade antioxidante de duas espécies de pitaya cultivadas comercialmente no Brasil: *Hylocereus undatus* (HU) e *Selenicereus setaceus* (SS), e determinar o potencial do mesocarpo da pitaya como corante natural para alimentos. As amostras foram colhidas nas safras de 2011 e 2012 na Embrapa Cerrados, em Brasília, Distrito Federal. As frutas foram caracterizadas fisicamente (dimensões, peso, densidade e cor) e quimicamente através de análises de: umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras (solúvel e insolúvel), açúcar (reduzidor e não reduzidor), vitamina C, sólidos solúveis, pH e acidez titulável. Foi avaliado o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante (FRAP, DPPH) da polpa ou endocarpo (HU e SS), mesocarpo (HU) e casca ou epicarpo (SS). O mesocarpo (HU) foi analisado reologicamente e, por fim, foi realizada a quantificação e avaliação da estabilidade das betalaínas presentes no mesocarpo (HU) da pitaya em diversas condições de pH e tempos de aquecimento e sua aplicação em gelatina e iogurte. Os resultados mostraram que a pitaya apresenta boa relação entre fibras insolúveis / solúveis, tanto na polpa (HU = 5,9/1; SS = 10,8/1) quanto no mesocarpo (HU = 4,4/1), é rica em carboidratos e apresenta baixos níveis de vitamina C. A casca (SS), mesocarpo (HU) e polpa apresentaram altos níveis de fenólicos totais e antioxidantes. Reologicamente, o mesocarpo (HU) pode ser classificado como um gel forte termoestável. Além disso, o mesocarpo (HU) apresentou altos níveis de betacianinas (101,04 mg de equivalente à betanina / 100 g de amostra seca), estáveis em uma ampla faixa de pH (3,2 a 7,0) e a exposição de até 10 minutos à temperatura de 100 °C, com grande potencial para conferir cor atrativa a alimentos de baixa acidez e com tratamento térmico controlado. Contudo, a pitaya apresenta características nutricionais, tecnológicas e econômicas de grande interesse para a indústria. E ainda o mesocarpo da espécie (HU), que atualmente é considerado um resíduo, pode ser utilizada como matéria-prima para a extração de pigmento natural para alimentos.

**Palavras-chave:** *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, alimento funcional, antioxidantes



## ABSTRACT

Pitaya is a fruit native to Mexico and Central and South Americas. It belongs to the *Cactáceas* family and has attracted the interest of researchers and consumers due to its nutritional value, antioxidant activity, and attractive color and taste. The aim of this study was to evaluate the physico-chemical and antioxidant activity of two commercially cultivated species: *Hylocereus undatus* (HU) and *Selenicereus setaceus* (SS), of pitaya in Brazil, and determine the potential of pitaya mesocarp as a natural colorant for food. The samples were collected in 2011 and 2012 harvests at Embrapa Cerrados, Brasília, Distrito Federal. The fruits were characterized physically (dimensions, weight, density and color) and chemically through analysis of moisture, ash, protein, fat, fiber (soluble and insoluble), sugar (reducing and non-reducing), vitamin C, soluble solids, pH, and titratable acidity. Moreover it were evaluated the total phenolic content and antioxidant activity (FRAP, DPPH) of the pulp or endocarp (HU and SS), mesocarp (HU) and shell or epicarp (SS). The mesocarp (HU) was analyzed rheologically and finally, the quantification and evaluation of stability of betalains present in the mesocarp (HU) of pitaya against several conditions of pH and heating times and its application in gelatin and yogurt. The results showed that the pitaya has good ratio of insoluble fiber / soluble as so pulp (HU = 5.9 / 1; SS = 10.8 / 1) as mesocarp (HU = 4.4 / 1), it is rich in carbohydrates and have low levels of vitamin C. The shell (SS) mesocarp (HU) and pulp showed high levels of phenolics and antioxidants. Rheologically the mesocarp (HU) can be classified as a thermostable strong gel. Furthermore, the mesocarp (HU) showed high levels of betacyanin (101.04 mg equivalent of betanin /100 g dry sample), stable at a wide pH range (3,2 to 7,0) and at 10 minutes of exposure to a temperature of 100 °C, with great potential to provide attractive color to foods with low acidity and controlled heat treatment. However the pitaya has nutritional, technological and economic characteristics with great interest to industry. The mesocarp of the (HU), species, which nowadays is considered as waste, can be used as raw material for the extraction of natural pigment for food.

**Key-words:** *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, functional food antioxidants

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - VARIEDADES DA PITAYA .....	19
FIGURA 2 - PITAYA: (a) PLANTA; (b) FLOR.....	21
FIGURA 3 - BETALAÍNAS: (a) ESTRURA GERAL DO ÁCIDO BETALÂMICO; (b) BETACIANINAS; (c) BETAXANTINAS.....	32
FIGURA 4 - MODELO DE PLACAS PARALELAS UTILIZADO POR NEWTON .....	38
FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE DIFERENTES TIPOS DE SUSPENSÕES .....	39
FIGURA 6 - AMOSTRAS DE PITAYA: (a) <i>Selenicereus setaceus</i> (SS); (b) <i>Hylocereus undatus</i> (HU) .....	43
FIGURA 7 - PITAYA ( <i>Hylocereus undatus</i> ): (a) CASCA; (b) MESOCARPO E (c) POLPA .....	44
FIGURA 8 - AMOSTRAS DE PITAYA: (a) <i>Hylocereus undatus</i> ; (b) <i>Selenicereus</i> <i>setaceus</i> .....	53
FIGURA 9 - CURVA DE FLUXO DO MESOCARPO DA PITAYA.....	64
FIGURA 10 - EFEITO DA FREQUÊNCIA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO ( $G'$ ) E PERDA ( $G''$ ) DO MESOCARPO DA PITAYA.....	66
FIGURA 11 - EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO ( $G'$ ) E PERDA ( $G''$ ) DO MESOCARPO DA PITAYA.....	67

FIGURA 12 - ESPECTRO DE VARREDURA DO EXTRATO DO MESOCARPO DA PITAYA .....	68
FIGURA 13 - ESPECTRO DE ABSORÇÃO DAS BETALAÍNAS EM DIFERENTES pHs SEM TRATAMENTO TÉRMICO .....	70
FIGURA 14 - DEGRADAÇÃO DA COR DAS BETACIANINAS DA PITAYA COM O TEMPO DE EXPOSIÇÃO A 100°C EM pH 5,0 .....	70
FIGURA 15 - ESPECTROS DE ABSORÇÃO DAS BETALAÍNAS EM DIFERENTES pHs E TEMPOS DE EXPOSIÇÃO À TEMPERATURA DE 100°C.....	72
FIGURA 16 - ANÁLISE COLORIMÉTRICA (PARÂMETROS (L*,a*, b*)) DO MESOCARPO DA PITAYA SUBMETIDO A DIVERSAS CONDIÇÕES DE pH E TEMPO DE AQUECIMENTO .....	74
FIGURA 17 - DEGRADAÇÃO DA COR DAS BETACIANINAS DA PITAYA EM DIFERENTES pHs E COM DEZ MINUTOS DE EXPOSIÇÃO A 100°C .....	74
FIGURA 18 - MESOCARPO DA PITAYA (a) <i>IN NATURA</i> ; (b) DESIDRATADO (c) TRITURADO E PADRONIZADO A 100 mesh.....	76
FIGURA 19 - APLICAÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DO CORANTE DO MESOCARPO DA PITAYA EM GELATINA .....	76
FIGURA 20 - APLICAÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE CORANTE DO MESOCARPO DA PITAYA EM IOGURTE.....	77
FIGURA 21 - ANÁLISES COLORIMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DE GELATINA E IOGURTE COLORIDOS COM O MESOCARPO DA PITAYA .....	78

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR CALÓRICO DA POLPA DA PITAYA ( <i>Hylocereus undatus</i> ) .....	24
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PITAYA DAS ESPÉCIES <i>Hylocereus undatus</i> E <i>Selenicereus setaceus</i> NAS SAFRAS DE 2011 E 2012.....	54
TABELA 3 - PROPORÇÕES DE CASCA, MESOCARPO E POLPA DA PITAYA DAS ESPÉCIES <i>Hylocereus undatus</i> E <i>Selenicereus setaceus</i> NAS SAFRAS DE 2011 E 2012.....	56
TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA PITAYA DAS ESPÉCIES <i>Hylocereus undatus</i> E <i>Selenicereus setaceus</i> NAS SAFRAS DE 2011 E 2012 .....	57
TABELA 5 - CONTEÚDO DE FENÓLICOS TOTAIS DA PITAYA DAS ESPÉCIES <i>Hylocereus undatus</i> E <i>Selenicereus setaceus</i> .....	60
TABELA 6 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA PITAYA DAS ESPÉCIES <i>Hylocereus undatus</i> E <i>Selenicereus setaceus</i> .....	62
TABELA 7 - PARÂMETROS L*, a* E b* DAS BETALAÍNAS DO MESOCARPO DA PITAYA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE pH E TEMPO DE AQUECIMENTO .....	73

## LISTA DE SIGLAS

<b>AOAC</b>	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
<b>Aw</b>	Atividade de água
<b>Bc</b>	Equivalente em betanina
<b>DP</b>	Desvio padrão
<b>EAG</b>	Equivalente a ácido gálico
<b>DPPH</b>	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
<b>FI</b>	Fibra insolúvel
<b>FRAP</b>	<i>Fluorescence recovery after photobleaching</i>
<b>FS</b>	Fibra solúvel
<b>HU</b>	<i>Hylocereus undatus</i>
<b>PM</b>	Peso molecular da betanina
<b>R<sup>2</sup></b>	Coeficiente de determinação
<b>SS</b>	<i>Selenicereus setaceus</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>K</b>	Índice de consistência
<b>G'</b>	Módulo de armazenamento
<b>G''</b>	Módulo de perda
<b>T</b>	Tensão de cisalhamento
<b><math>\eta</math></b>	Viscosidade absoluta ou dinâmica
<b><math>\dot{\gamma}</math></b>	Taxa de cisalhamento
<b>n</b>	Índice de comportamento de fluxo
<b><math>\lambda_{\text{max}}</math></b>	Absorbância máxima
<b><math>\epsilon</math></b>	Coeficiente molar de excitação da betanina
<b>l</b>	Largura da cubeta

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	16
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	18
2.1 PITAYA	18
2.1.1 Características agronômicas	20
2.1.2 Mercado	22
2.1.3 Aplicações	23
2.1.4 Composição química e valor nutricional	24
2.1.5 Propriedades funcionais	25
2.1.5.1 Antioxidantes	26
2.1.5.2 Ácidos graxos essenciais	27
2.1.5.3 Prebióticos	28
2.2 CORANTES NATURAIS	29
2.2.1 Betalaínas	30
2.2.1.1 Estrutura química	31
2.2.1.2 Estabilidade	32
2.2.1.3 Aplicação em alimentos	35
2.2.1.4 Fontes de extração	35
2.3 REOLOGIA	37
<b>3. OBJETIVOS</b>	42
3.1 OBJETIVO GERAL	42
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	43
4.1 MATERIAL	43
4.1.1 Amostras	43
4.1.2 Reagentes	43
4.2 MÉTODOS	44
4.2.1 Preparo das amostras	44
4.2.2 Caracterização físico-química	45
4.2.2.1 Análises físicas	45
4.2.2.2 Análises químicas	46
4.2.3 Preparo dos extratos	46

4.2.4 Determinação do conteúdo de fenólicos totais .....	47
4.2.5 Determinação da atividade antioxidante .....	47
4.2.5.1 Método FRAP .....	47
4.2.5.2 Método DPPH .....	48
4.2.6 Análises reológicas .....	48
4.2.7 Quantificação das betalaínas.....	49
4.2.8 Estabilidade das betalaínas .....	50
4.2.9 Rendimento e aplicação do mesocarpo como corante natural em alimentos ...	51
4.2.10 Estatística .....	51
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>52</b>
5.1 AMOSTRAS.....	52
5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA .....	54
5.3 CONTEÚDOS DE FENÓLICOS TOTAIS .....	60
5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	61
5.5 ANÁLISES REOLÓGICAS .....	63
5.6 QUANTIFICAÇÃO DAS BETALAÍNAS .....	67
5.7 ESTABILIDADE DAS BETALAÍNAS.....	69
5.8 RENDIMENTO E APLICAÇÃO DO MESOCARPO COMO CORANTE NATURAL EM ALIMENTOS.....	75
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>80</b>



## 1. INTRODUÇÃO

A pitaya é uma fruta que pertence à família das Cactaceas e tem como origem as regiões de florestas tropicais do México e das América Central e Sul (CANTO, 1993; MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997).

É uma fruta de tamanho médio com casca de coloração carmim ou amarela, dependendo da variedade. Sua casca é coberta por escamas, de onde vem o nome de fruta dragão “dragon fruit”. Sua polpa é cremosa e suavemente doce de coloração branca ou púrpura dependendo da variedade. A polpa é repleta de pequenas sementes pretas.

A pitaya é comercializada nos países da Europa e nos Estados Unidos como planta ornamental, porém sua principal aplicação é alimentícia. Além disso, a fruta já vem sendo utilizada por suas propriedades funcionais decorrentes da presença de compostos bioativos.

Estudos têm sido realizados com a pitaya e pesquisadores têm enfatizado suas propriedades funcionais, auxiliando na redução do risco de doenças crônicas (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002a; STINTZING; CARLE, 2004; WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010). Na polpa, foi identificada a presença de antioxidantes, tais como flavonoides e betalaínas (ESCRIBANO *et al.*, 1998; PEDREÑO; ESCRIBANO, 2001; WYBRANIEC; MIZRAHI, 2002), e oligossacarídeos com propriedades prebióticas (WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010). A casca também apresenta compostos antioxidantes, especialmente as betalaínas (LI-CHEN *et al.*, 2006), suas sementes são ricas em ácidos graxos essenciais e fitoesteróis (ARIFFIN *et al.*, 2009; RUI *et al.*, 2009).

A alta atividade antioxidante, identificada nas partes de coloração carmim e púrpura foi atribuída à presença de grande quantidade de betalaínas, que é o pigmento responsável pela cor atrativa da fruta. Devido à quantidade encontrada e à intensidade da cor proporcionada por esse pigmento, a pitaya passou a ser considerada como fonte promissora de betalaínas. Essa descoberta tem despertado grande interesse dos produtores, pesquisadores e da indústria de alimentos, pois atualmente a beterraba é a única fonte viável para a extração industrial desse pigmento.

As betalaínas são pigmentos naturais presentes em algumas classes de plantas, frutas e flores. Caracterizam-se por ser uma classe de pigmentos que proporcionam cores atrativas e estáveis diante das condições de processamento da indústria de alimentos. Porém, sua aplicação ainda é restrita devido à escassez de fontes de extração.

A pitaya, além de apresentar altas concentrações de betalaínas, tem a vantagem de ser isenta de algumas substâncias, presentes na beterraba, que proporcionam sabor residual desagradável (terra). Além disso, o pigmento pode ser extraído também da casca, que atualmente é considerada um resíduo para os consumidores e para a indústria de produtos derivados da pitaya.

Devido à sua rusticidade, a pitaya é uma alternativa potencialmente viável também para o aproveitamento de solos pedregosos, arenosos e maciços rochosos (JUNQUEIRA *et al.*, 2010), o que torna seu cultivo promissor do ponto de vista agrônomo e econômico (ORTIZ; LIVEIRA, 1995). Contudo, a pitaya apresenta características desejáveis, as quais permitem classificá-la como uma das frutas tropicais ainda pouco conhecidas, mas com elevado potencial para os mercados interno e externo (JUNQUEIRA *et al.*, 2002). Produtos alimentícios derivados da pitaya raramente aparecem no mercado e pesquisas precisam ser feitas para melhorar suas oportunidades comerciais (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006).

Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya das espécies *Hylocereus undatus* (Haw) Briton & Rose (HU) e *Selenicereus setaceus* Rizz (SS). As propriedades reológicas do mesocarpo da fruta (HU) foram avaliadas, bem como seu potencial como corante natural para alimentos, através da quantificação das betalaínas e da avaliação de sua estabilidade frente a diferentes condições de pH e tempo de exposição ao aquecimento.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PITAYA

A palavra pitaya é de origem antilhana e significa fruta escamosa (SALINAS, 2000), originária de várias espécies de cactos epífitos, do gênero *Hylocereus* e *Selenicereus*, nativas do México e das Américas Central e Sul, é também cultivada nos países do Sudeste da Ásia (HABER, 1983; BARBEAU, 1990; BENZING, 1990; CACIOPPO, 1990; MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997; DONADIO; NACHTGAL; SACRAMENTO, 1998; JUNQUEIRA *et al.*, 2002).

A pitaya é considerada a fruta mais bonita da família das Cactáceas e destaca-se no mercado de frutas exóticas ganhando popularidade na Europa e nos Estados Unidos (ZEE; YEN; NISHINA, 2004; JUNQUEIRA *et al.*, 2010) e seu cultivo tem se mostrado promissor do ponto de vista agrônômico e econômico (ORTIZ; LIVEIRA, 1995).

As variedades da pitaya podem ser distinguidas umas das outras pela cor da casca (epicarpo) e/ou pela cor da polpa (endocarpo) a qual contém as sementes (ARIFFIN *et al.*, 2009). Existem várias espécies de pitayas, mas as principais são: pitaya vermelha com polpa branca - *Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus* (FIGURA 1a e 1d); pitaya vermelha com polpa púrpura - *Hylocereus polyrhizus* e *Hylocereus costaricensis* (FIGURA 1b e 1e); e pitaya amarela com polpa branca - *Selenicereus megalanthus* (FIGURA 1c) (ARCADIO, 1986; BARBEAU, 1990; JUNQUEIRA *et al.* 2002).

A espécie de pitaya mais cultivada e consumida atualmente é *Hylocereus undatus* (FIGURA 1a), a pitaya vermelha de polpa branca. Os frutos dessa espécie apresentam maior tamanho e demanda de mercado, devido às suas características sensoriais muito atrativas (CANTO, 1983).

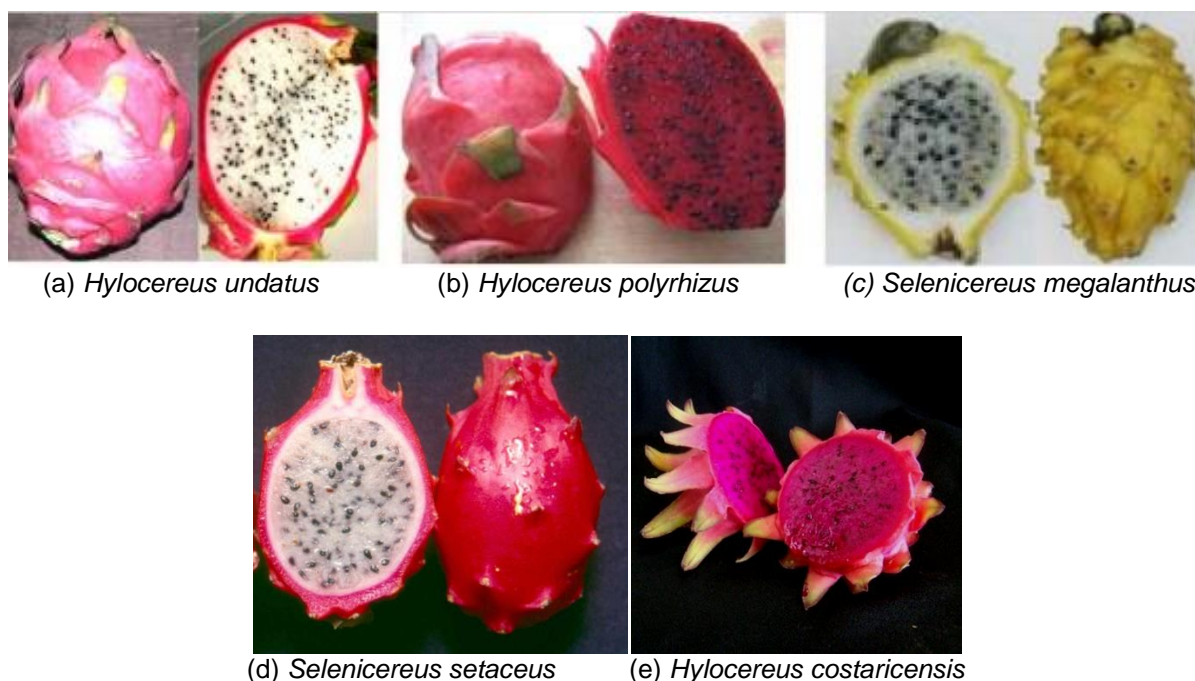


FIGURA 1 - VARIEDADES DA PITAYA  
 FONTE: ARIFFIN *et al.* (2009); JUNQUEIRA *et al.* (2002)

O Brasil é um dos maiores centros de diversidade dessas frutas (JUNQUEIRA *et al.*, 2007), no entanto, as espécies mais comuns do Cerrado e Caatinga são do gênero *Selenicereus* e *Hylocereus* (MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997; JUNQUEIRA *et al.*, 2002; NERD; TEL-ZUR; MIZRAHI, 2002).

De acordo com Junqueira *et al.* (2010), as espécies *Hylocereus undatus* (Haw.) Briton & Rose e *Selenicereus setaceus* são encontradas em estado silvestre em várias regiões do Brasil. Os frutos da *Selenicereus setaceus* também conhecida como “saborosa” são extraídos de plantas silvestres, consumidos e comercializados por comunidades extrativistas. Já a *Hylocereus undatus* silvestre tem sabor desagradável e é apenas utilizada como planta ornamental devido à cor atrativa de seus frutos.

No Brasil, as espécies *Hylocereus undatus* e *Selenicereus megalanthus*, melhoradas geneticamente, passaram a ser cultivadas em escala comercial a partir da década de 1990 e, graças ao crescente mercado, seu cultivo em escala comercial, principalmente da *Hylocereus undatus*, vem, a cada ano, ganhando mais espaço em todo o território nacional, inclusive na região Nordeste.

### 2.1.1 Características agronômicas

A pitaya é uma planta xerófita, resistente à seca e pouco exigente quanto à qualidade do solo (ALVARADO; CRUZ; RINDERMAN, 2003). Geralmente espinhosa (JUNQUEIRA *et al.*, 2002), subsiste em condições naturais limitantes (CANTO, 1993) e apresenta vasta gama de características anatômicas e fisiológicas para conservar água (SHETTY; RANA; PREETHAM, 2011).

Botanicamente, deriva das epífitas e faz parte da família das *Cactaceas* e da subfamília *Cereoideae* que inclui o gênero *Cereus*, e dentro deste as espécies *Cereus undatus*, *Cereus polyrhizus* e *Cereus megalanthus* a mesma que se pode encontrar como sinônimo de *Hylocereus* (CANTO, 1993).

A cactácea é principalmente apreciada por suas qualidades ornamentais, mas também existem cerca de 40 espécies com potencial para cultivo e obtenção de frutos (ESQUIVEL, 2004; SHETTY; RANA; PREETHAM, 2011). Entretanto, poucas espécies, tais como *Hylocereus* e *Selenicereus* têm valor econômico (ALVARADO; CRUZ; RINDERMAN, 2003; LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006; LUDERS; MCMAHON, 2006).

A planta consiste em um cacto rastejante com raízes aéreas (FIGURA 2a). É perene, trepadeira, que comumente cresce sobre árvores e pedras, tem raízes fibrosas abundantes, e desenvolve numerosas raízes verticais que a ajudam a fixar-se nos tutores ou às pedras e obter umidade e nutrientes. Possuem caules suculentos e carnudos, três hastes alongadas com nervuras, lobulados ao longo do cume, o qual têm pequenos inchaços equipados com espinhos de 2 a 4 mm de largura. (CANTO, 1993; MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997; NERD; MIZRAHI, 1997). São fotossintéticos e dependendo das condições climáticas podem medir de alguns centímetros até mais de 35 metros. (ALVARADO; CRUZ; RINDERMAN, 2003).

A floração ocorre basicamente nos meses de novembro a março. A flor (FIGURA 2b) é tubular, hermafrodita, branca, grande (20 a 30 cm de largura) e com abertura floral noturna (CANTO, 1993; MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997; NERD; MIZRAHI, 1997). Em uma única planta pode-se encontrar frutos maduros, em desenvolvimento, botões florais emergindo e em desenvolvimento, como também botões em plena antese (DONADIO; SADER, 2005; DONADIO, 2009; FERNANDES *et al.*, 2010).



FIGURA 2 – PITAYA: (a) PLANTA; (b) FLOR  
 FONTE: MIZRAHI, NERD, SITRIT (2002); LE BELLEC, VAILLANT, IMBERT (2006)

O fruto é uma baga ovoide, redonda ou alongada, pode medir de 10 a 12 cm de diâmetro e seu peso varia de 200 g até 1000 g. Sua casca é de cor carmim ou amarelo, dependendo da cultivar, coberta com brácteas ou “escamas” – de onde vem o nome de fruta dragão “dragon fruit” (LI-CHEN *et al.*, 2006). Apresenta polpa cremosa e com sabor suavemente doce, de cor branca ou púrpura, dependendo da espécie, intercalada com numerosas e pequenas sementes pretas (CANTO, 1993; HOA *et al.*, 2006).

A pitaya é uma fruta não climatérica (NERD; GUTMAN; MIZRAHI, 1999). A primeira colheita começa a partir do décimo oitavo mês após o plantio; o período entre a floração e a colheita é pequeno e varia apenas de 27 a 33 dias (BARBEAU, 1990). O rendimento da planta é difícil de estimar, pois é influenciado por três aspectos: idade da planta, sistema de plantação e manejo. Em média, uma planta de quatro anos de idade, em sistema de tutores vivos e com pouco manejo, produz 30 a 36 frutos com peso médio de 400 g, o que significa uma produção de 12 – 14,4 kg de fruto por planta (CANTO, 1993).

A planta pode ser cultivada de 0 até 1.800 m acima do nível do mar. Prefere climas quentes e úmidos, mas também se adapta aos climas secos (CANTO, 1993; DONADIO; NACHTGAL; SACRAMENTO, 1998). As condições ideais para seu desenvolvimento são: 1200 a 2000 mm de precipitação anuais, temperaturas entre 14 e 26 °C, sombreamento de 40 % a 60 % e solos com pH entre 5,5 e 6,5 (RAVEH; NERD; MIZRAHI, 1997; MIZRAHI; NERD, 1999).

Do ponto de vista agrônomo, essas espécies são geralmente convenientes, fáceis de multiplicar e cultivar. Em geral, produzem frutos rapidamente

e poucas doenças e pestes foram encontradas (MERTEN, 2003; LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006).

### 2.1.2 Mercado

Com a procura cada vez maior por alternativas por parte dos produtores rurais e por frutas exóticas pelos consumidores, o mercado da pitaya, que até poucos anos era totalmente desconhecida pela população em geral, está em expansão (FERNANDES *et al.*, 2010). A pitaya hoje ocupa um nicho crescente no mercado das frutas exóticas da Europa, assim como no mercado doméstico dos países produtores como Vietnã, Colômbia (MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997), México (DE DIOS, 2004), Costa Rica e Nicarágua (DAUBRESSE, 1999).

A produção se encontra distribuída desde a costa da Flórida até a Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Peru, Brasil, Equador, El Salvador, México, Guatemala, Nicarágua e Colômbia, dos quais os últimos três países são os principais produtores em escala mundial e os que têm desenvolvido tecnologias modernas de cultivo (ORTÍZ; LIVERA; ALCÁNTARA, 2000).

Devido ao seu sabor doce e suave, aliado às suas propriedades nutricionais e funcionais, a pitaya é um produto de grande aceitação nos mercados consumidores, o que têm despertado o interesse nos produtores e da indústria de alimentos (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). Os países europeus, Estados Unidos e Japão são os principais mercados importadores da pitaya fresca e congelada (ALVARADO; CRUZ; RINDERMAN, 2003).

Os preços cotados nos mercados regional, nacional ou internacional têm estimulado a extensão e a intensificação do cultivo da pitaya em diferentes sistemas de plantio (NERD; MIZRAHI, 1997). O valor pago pelo quilo da fruta pode variar de dez a sessenta reais, dependendo da época do ano e demanda (SOUZA, 2012).

No Brasil, existem pequenas áreas de produção de pitaya, situadas principalmente no estado de São Paulo. A produção dos frutos ocorre durante os meses de dezembro a maio, com produtividade média anual de 14 toneladas de fruto/ha (BASTOS *et al.*, 2006).

A fruta tem um futuro promissor devido ao seu bom rendimento, aparência atrativa, sabor agradável, longa vida de prateleira (aproximadamente 15 dias), o que permite a exportação e, acima de tudo, seu cultivo facilitado devido à mínima demanda de água (ORTÍZ; LIVERA; ALCÁNTARA, 2000; MAG-IICA, 2001; MIZRAHI; NERD; SITRIT, 2002).

### 2.1.3 Aplicações

A pitaya é utilizada para muitas finalidades, porém sua maior importância é como alimento (LUDERS; MCMAHON, 2006), principalmente na forma de fruta fresca ou preparada como bebida. No México, Estados Unidos, Espanha, Itália e no Norte da África, os cactos fazem parte de uma importante parcela da dieta das pessoas (SHETTY; RANA; PREETHAM, 2011). A fruta pode ser transformada em sucos, compotas, xaropes, fermentados, doces e geleias (CANTO, 1993; JUNQUEIRA *et al.*, 2002; HOA *et al.*, 2006; KLEINHEINZ *et al.*, 2009; RAZAK, 2009).

Devido à beleza das suas flores, a planta pode ser utilizada como ornamento. Além disso, algumas de suas partes podem ser aproveitadas como forragem para o gado e algumas aves (ALVARADO; CRUZ; RINDERMAN, 2003).

A pitaya também é utilizada para fins medicinais. As flores podem ser ingeridas ou usadas para fazer chá, as sementes têm efeito laxante, o fruto tem efeito em gastrites, o talo e as flores também são utilizados para problemas renais (DONADIO; NACHTGAL; SACRAMENTO, 1998).

As partes vegetativas dos cactos têm aplicação nas indústrias farmacêuticas (STINTZING; CARLE, 2005). Extratos de alguns cactos têm sido associados como estimulantes do sistema nervoso central e reguladores da pressão sanguínea, sono, fome e sede (FRANCO *et al.*, 2003).

O óleo da semente da pitaya é rico em ácidos graxos essenciais, devido ao seu alto nível de lipídeos poli-insaturados, pode ser utilizado para agregar valor aos produtos alimentícios (RUI *et al.*, 2009; LIM *et al.*, 2010).

As substâncias pécticas presentes na polpa podem ser usadas na indústria de alimentos como agente espessante ou como umectante em produtos cosméticos (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002a; SAENZ, 2006). Na Nicarágua, é utilizada



como conservante de outros produtos, por exemplo, os lácteos. (ALVARADO; CRUZ; RINDERMANN, 2003). Contudo, o maior interesse da pitaya atualmente tem sido a possibilidade de extração de corantes naturais (MOßHAMMER; STINTZING; CARLE, 2005a).

As betalaínas presentes na fruta têm atraído o interesse tecnológico devido a sua alta força tintorial, e da sua cor matriz remanescente não alterável ao longo de uma ampla faixa de pH, de 3 a 7 (CAI; SUN; CORKE, 1998; STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2001, 2003; CAI *et al.*, 2001; STINTZING; CARLE, 2004). Em Israel, a polpa da pitaya vermelha tem sido aplicada na produção de corante vermelho-violeta para alimentos (GIBSON; NOBEL, 1986).

#### 2.1.4 Composição química e valor nutricional

Apesar das consideráveis pesquisas a respeito da sua importância nutricional, uso medicinal e valor como alimento, a pitaya ainda é uma cultura não muito utilizada e explorada (SHETTY; RANA; PREETHAM, 2011).

A fruta possui um alto valor nutritivo, é rica em cálcio, fósforo, potássio e vitaminas. Também pode ser considerada como fonte de carboidratos e fibras (TABELA 1) (WU; CHEN, 1997; LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006; ZAINOLDIN; BABA, 2009).

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR CALÓRICO DA POLPA DA PITAYA (*Hylocereus undatus*)

Parâmetros	FRANCO, (1992) (%)	ZAINOLDIN, BABA, (2009) (%)
Calorias	36,0	-
Água	89,4 g	83,0 g
Proteínas	0,5 g	0,2 g
Lipídeos	0,1 g	0,6 g
Carboidratos	9,2 g	-
Fibra	0,3 g	0,9 g
Cinzas	0,5 g	0,7 g
Cálcio	6,0 mg	8,8 mg
Fósforo	19,0 mg	36,1 mg
Ferro	0,4 mg	0,6 mg
Acido ascórbico	25,0 mg	9,0 mg

Charoensiri *et al.* (2009) relataram que a polpa da pitaya apresenta quantidades consideráveis de caroteno, licopeno e vitamina E, com concentração média de 1,4; 3,4 e 0,26 µg / 100 g, respectivamente.

Além da fruta, o valor energético dos caules da pitaya também tem sido estudado e pode ser considerado como superior ao de algumas verduras comuns, por exemplo, cenoura e alface, com conteúdo de ferro similar ao espinafre cru (ALVARADO; CRUZ; RINDERMAN, 2003). Quando desidratados e moídos em pó, os caules são fontes de fibra alimentar, a qual pode ser utilizada como um ingrediente natural em diferentes alimentos (SAENZ, 2006).

Com seu conteúdo de açúcares utilizáveis, presença de vitaminas, minerais, compostos fenólicos, aminoácidos e com cor e sabor agradáveis, a pitaya tem um futuro promissor para o desenvolvimento de alimentos funcionais (ESQUIVEL, 2004).

#### 2.1.5 Propriedades funcionais

A pitaya tem sido relatada como uma fonte promissora de nutrientes que podem atuar na redução de risco de algumas doenças, e ainda contribuir para melhorar o bem-estar dos consumidores (LI-CHEN *et al.*, 2006; LIM *et al.*, 2010; WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010).

Estudos têm demonstrado que a pitaya possui propriedades funcionais (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002a; STINTZING; CARLE, 2004) relacionadas à presença de alguns componentes: a) na sua polpa, foram encontrados antioxidantes tais como betalaínas e flavonoides (STINTZING *et al.*, 2004a), oligossacarídeos com propriedades prebióticas (WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010) e fibras solúveis (TREJO-GONZALEZ *et al.*, 1996); b) nas sementes, foi detectado a presença de ácidos graxos essenciais (ARIFFIN *et al.*, 2009); e c) na casca, a presença de grande quantidade de antioxidantes, principalmente as betalaínas (LI-CHEN *et al.*, 2006).

As fibras solúveis presentes na pitaya ajudam no processo digestivo, neutralizam substâncias tóxicas, tais como metais pesados e podem ser associadas à regulação do açúcar no sangue em humanos que sofrem de diabetes tipo II (TREJO-GONZALEZ *et al.*, 1996; ZAINOLDIN; BABA, 2009). A fruta apresenta ainda

mucilagens que podem exercer uma influência positiva no metabolismo do colesterol (LUZ-FERNANDEZ; TREJO; MCNAMARA, 1990; LUZ-FERNANDEZ *et al.*, 1992, 1994).

Hadi (2006) ofereceu extratos de pitaya para ratos hiperglicêmicos e observou que depois de sete semanas de suplementação com a pitaya, os ratos apresentaram redução dos níveis de glicose no sangue, triacilgliceróis, colesterol LDL e aumento dos níveis de HDL e antioxidantes no plasma.

#### 2.1.5.1 Antioxidantes

A principal característica de um antioxidante é a sua habilidade de capturar radicais livres, que são espécies que apresentam elétrons desemparelhados tornando-os altamente reativos. Os radicais livres e espécies reativas de oxigênio estão presentes em sistemas biológicos de uma larga variedade de fontes e podem oxidar ácidos nucleicos, proteínas, lipídeos ou DNA e iniciar doenças degenerativas (ZAINOLDIN; BABA, 2009).

Existe uma evidência crescente de que o estresse oxidativo leva a mudanças bioquímicas, as quais contribuem para o desenvolvimento de várias doenças, como câncer e cardiopatias. As moléculas antioxidantes, algumas das quais são derivadas da dieta, protegem contra os efeitos potencialmente prejudiciais do estresse oxidativo (KANNER; HAREL; GRANIT, 2001). Além disso, os antioxidantes apresentam propriedades anti-inflamatória, antidiabética e retardam o envelhecimento (LIU, 2003; COS *et al.*, 2004; RAZAK, 2009; BELTRÁN-OROZCO *et al.*, 2009).

A pitaya é uma fonte de antioxidantes (REBECCA; BOYCE; CHANDRAN, 2010) devido à presença de compostos fenólicos, tais como os flavonoides que podem ser encontrados tanto na casca quanto na polpa da fruta (VAILLANT *et al.* 2005).

Os flavonoides têm uma larga faixa de atividade biológica, entre elas destacam-se: inibição proliferativa das células, indução apoptose, inibição enzimática, efeitos antibacterianos e antioxidantes. Além disso, alguns fatos indicam que os flavonoides possuem várias propriedades de efeitos clínicos, tais como

antiaterosclerótica, anti-inflamatória, antitumor, antitrombogênica, antiosteoporótica e antiviral ((VAILLANT *et al.* 2005).

Estudos epidemiológicos confirmam uma relação significativa entre a alta ingestão de flavonoides na dieta e a redução do risco de doença cardiovascular (HUI, 2009). Algumas pesquisas também indicam que os flavonoides podem ajudar na prevenção de cáries e reduzir a ocorrência de doenças comuns como a gripe (CHET, 2009)

Tesoriere *et al.* (2005) evidenciaram que as betalaínas incorporadas às células sanguíneas através da dieta podem protegê-las e evitar a hemólise oxidativa das células. Além disso, as betalaínas induzem a quinona redutase, uma potente enzima de desintoxicação associada com a quimioprevenção do câncer (LEE *et al.*, 2005).

A capacidade antioxidante *in vitro* da polpa da pitaya é tão alta quanto da beterraba (VAILLANT *et al.*, 2005). Li-Chem *et al.* (2006) reportaram que a casca da pitaya, com altos níveis de betalaínas, apresentou elevada atividade antioxidante e foi um forte inibidor *in vitro* da proliferação de células de melanoma.

Aziz e Noor (2010) avaliaram a eficácia da pitaya da espécie *Hylocereus undatus* como um agente de fertilidade e observaram que devido às suas propriedades antioxidantes e antiproliferativas, a ingestão do extrato da pitaya aumentou efetivamente a produção e viabilidade dos espermatozoides em ratos.

#### 2.1.5.2 Ácidos graxos essenciais

As sementes da pitaya constituem cerca de 1 % a 2 % do peso da base úmida da fruta. A percentagem média de óleo na semente é de 29,5 % e 32 % para o *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*, respectivamente (ARIFFIN *et al.*, 2009).

O óleo contém uma quantidade substancial de ácidos graxos essenciais. Os ácidos graxos poli-insaturados estão presentes em níveis mais altos do que os monoinsaturados, sendo 18 % a 22,78 % dos ácidos graxos saturados, 25,20 % a 27,92 % monoinsaturados e 49,30 % a 56,81 % poli-insaturados (LIM *et al.*, 2010).

Os ácidos graxos essenciais, conhecidos como ácido linoleico e ácido linolênico, formam uma percentagem significativa de ácidos graxos insaturados do extrato do óleo da semente, C18:2 – 48 % e C18:3 -1,5 % (ARIFFIN *et al.*, 2009). Estudos realizados por Rui *et al.* (2009) encontraram 25,22 % - 54,43 % de ácido linoleico e 11,80 % a 23,40 % de ácido oleico no óleo da semente de pitaya.

O ácido graxo presente em maior quantidade é o ácido linoleico, que como todo ácido graxo essencial não pode ser sintetizado no corpo e deve estar presente na dieta (POMERANZ, 2003). O ácido linoleico é responsável pelas atividades de proteção cardíaca, antidiabético e antimicrobiana (DAS, 2000; SZENTMIHALYI *et al.*, 2002).

Lim *et al.* (2010) relataram que o óleo da semente da pitaya apresenta quantidades consideráveis de fitoesteróis. Os componentes fitoesteróis identificados foram: campesterol, estigmaesterol e beta-sitoesterol. Foram encontrados ainda antioxidantes naturais como os fenóis, tocoferóis e esteróis. O conteúdo total de tocoferóis foi de 36,70 e 43,50 mg / 100 g para as espécies *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*, respectivamente.

#### 2.1.5.3 Prebióticos

Os prebióticos são oligossacarídeos não digestíveis que afetam o hospedeiro de forma benéfica pela simulação do crescimento e/ou atividade de um ou um número limitado de bactérias no cólon, que melhoram a saúde do hospedeiro (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Os oligossacarídeos da pitaya apresentam propriedades prebióticas, as quais incluíram resistência às condições ácidas no estômago humano, resistência parcial à alfa-amilase da saliva humana, e à capacidade de estimular o crescimento de lactobacillus e biftobactérias (WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010).

Cerca de 50 % dos oligossacarídeos da pitaya consumidos alcançam o cólon. Alguns deles são hidrolisados por alfa-amilases (16 %), pelo ácido do estômago (2,5 %) e pelas enzimas do intestino delgado (30 %) (WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010).

Além do seu efeito prebiótico, os oligossacarídeos da pitaya mostraram outra propriedade funcional, na redução da ingestão calórica e insulinemia, comparada com os carboidratos digestíveis. Portanto, esses compostos podem ser adequadamente incluídos como suplemento alimentar em uma ampla variedade de produtos alimentícios, inclusive para produtos destinados a pessoas com excesso de peso, em produtos para a redução do risco da diabetes e em produtos prebióticos (WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010).

## 2.2 CORANTES NATURAIS

A cor é um dos atributos sensoriais mais importantes dos alimentos, que exerce um papel fundamental como indicador de qualidade e na aceitação de produtos pelos consumidores (HUTCHINGS, 1999).

Muitos alimentos coloridos naturalmente são submetidos à perda de cor durante o processamento, requerendo o uso de corantes para restaurar a sua coloração (FLETCHER, 2013). Os corantes têm a finalidade de conferir, intensificar e padronizar a coloração dos alimentos, para melhorar sua aparência e aceitação.

A utilização de corantes artificiais em alimentos tem sido cada vez mais rejeitada pelos consumidores (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b). Esse comportamento, associado às descobertas científicas da toxicidade de alguns corantes artificiais, resultam em mudanças de regulamentação mundial. Por exemplo, só nos Estados Unidos, no início do século XXI, a lista de corantes artificiais permitidos, que era formada por 700 compostos, foi reduzida a apenas sete (DOWNHAM; COLLINS, 2000).

O mercado atual de corantes para alimentos é estimado em um bilhão de dólares com pigmentos naturais correspondendo a apenas um quarto do total. Entretanto, o mercado de corantes sintéticos tem sofrido grande declínio (FLETCHER, 2013) devido ao crescente interesse dos consumidores por produtos naturais e, conseqüentemente a busca da indústria de alimentos por esses compostos.

A indústria de alimentos mundial consome cerca de 20 a 40 toneladas de corantes naturais por ano (CHET, 2009). Esses compostos são extraídos de

matérias-primas, como frutos ou vegetais, são seguros, não tóxicos, não carcinogênicos, não causam reações alérgicas (LUCAS; HALLAGAN; TAYLOR, 2001) e ainda são biodegradáveis (CHET, 2009). Além disso, podem conter ingredientes adicionais de valor nutricional (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 1999, 2001). Por outro lado, apresentam algumas desvantagens quando comparados com os sintéticos, incluindo maior custo e menor disponibilidade de cores e estabilidade diante das condições de processamento de alimentos, como pH e temperatura (CHET, 2009).

As quatro principais classes de pigmentos naturais são as antocianinas, betalaínas, carotenoides e clorofilas (GRANDÍA-HERRERO; ESCRIBANO; GARCÍA-CARMONA, 2005),

As betalaínas receberam menor atenção científica do que as outras classes de pigmentos devido à sua ocorrência restrita. Entretanto, esse pigmento tem despertado a atenção de pesquisadores, consumidores e da indústria devido ao seu poder tintorial, coloração atrativa, estabilidade e atividade antioxidante (BUTERA et al., 2002; CAI, SUN; CORKE, 2003; STINTZING *et al.*, 2005).

### 2.2.1 Betalaínas

As betalaínas são pigmentos nitrogenados de 13 famílias dentro do reino das plantas, também acumulados em alguns membros dos basidiomicetos (GILL, 1994; CLEMENT; MABRY, 1996; WYBRANIEC *et al.*, 2001). São constituídas por dois subgrupos, as betacianinas vermelho-violeta e as betaxantinas amarelo-alaranjadas (STEGLICH; STRACK, 1990; STRACK; VOGT; SCHLIEMANN, 2003; MOßHAMMER; STINTZING; CARLE, 2005a; HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b).

São compostos, largamente distribuídos em plantas, solúveis em água, que promovem a coloração de flores e frutos (NERD; MIZRAHI, 1997; STRACK; VOGT; SCHLIEMANN, 2003; STINTZING *et al.*, 2004b; LI-CHEN *et al.*, 2006; STINTZING; CARLE, 2006; LIM *et al.*, 2010). Mesmo sendo pigmentos responsáveis pelo mesmo tom de cor, as betalaínas nunca foram encontradas juntamente com as antocianinas na mesma planta (STAFFORD, 1994; CLEMENT; MABRY, 1996).

As betalaínas exercem importantes papéis: a) nas plantas, atuam na fisiologia, atração visual para os polinizadores e dispersores das sementes; b) nos alimentos, exercem a função de colorir, contribuindo para o seu valor estético e nutricional; c) em humanos, têm função biológica, atuando como agente antirradical (ESCRIBANO *et al.*, 1998; PEDREÑO; ESCRIBANO, 2001; STINTZING; CARLE, 2004).

Existem poucas fontes comestíveis conhecidas de betalaínas, as beterrabas amarela e vermelha (*Beta vulgaris L.ssp. vulgaris*), acelga colorida (*Beta vulgaris L.ssp.cicla*), grãos ou folhas de amaranto (*Amaranthus sp.*) e frutos dos cactos (*Hylocereus*) (CAI; SUN; CORKE, 1998; STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002b; KUGLER; STINTZING; CARLE, 2004; VAILLANT *et al.*, 2005).

#### 2.2.1.1 Estrutura química

Estruturalmente, as betalaínas são derivadas do ácido betalâmico (FIGURA 3a) (STRACK; VOGT; SCHLIEMANN, 2003; HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b). A natureza do resíduo da adição do ácido betalâmico determina a classificação do pigmento: a) com derivados de ciclo-Dopa (*betacianinas* vermelho-violáceas); b) com aminoácidos/aminas (*betaxantinas* amarelas) (FIGURAS 3b e 3c, respectivamente) (STRACK; STEGLICH; WRAY, 1993; CLEMENT; MABRY, 1996; GRANDÍA-HERRERO; ESCRIBANO; GARCÍA-CARMONA, 2005; AZEREDO, 2009).

As betaxantinas são produtos da condensação do ácido betalâmico e aminoácidos ou amins, respectivamente. Dependendo da estrutura particular do composto amino, a máxima absorção das betaxantinas varia entre 460 e 480 nm (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002b). As betaxantinas mais comuns e frequentemente citadas são as glutaminas – betaxantinas (vulgaxantinas) (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b).

As betacianinas são os produtos da condensação do ácido betalâmico e do ciclo-Dopa [ciclo-3-(3,4-dihidroxifenilalanina)] e apresentam cor violeta profunda. O seu deslocamento crômico de 50 a 70 nm quando comparado com as betaxantinas é atribuído à estrutura aromática do ciclo-Dopa (ZRYD, 2004). Pela glicosilação com um ou dois monossacarídeos assim como acetilação do resultante 5-0 ou 6-0



glucosídeos, uma grande variedade de estruturas das betacianinas é possível. A pesquisa com betacianinas tem sido principalmente focada nas betaninas (STINTZING *et al.*, 2004a).

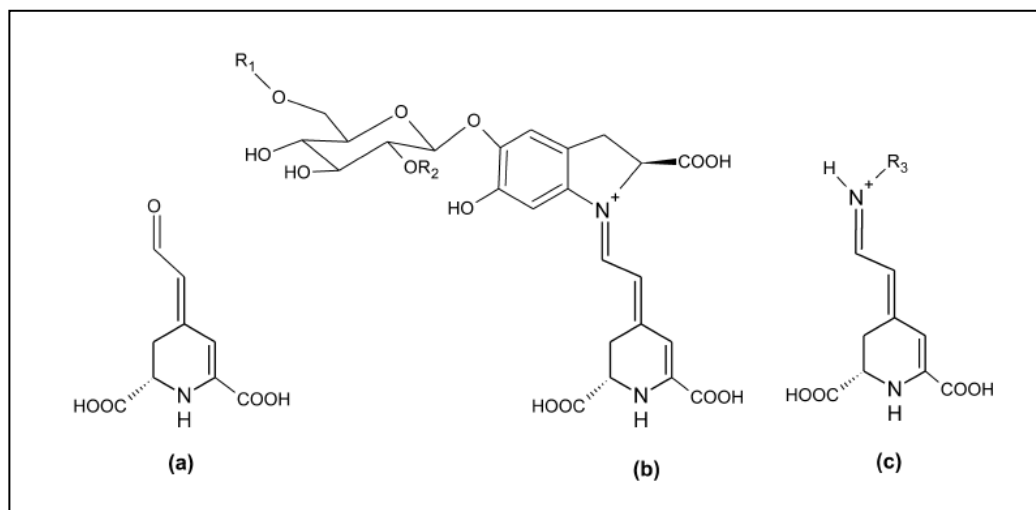


FIGURA 3 – BETALAÍNAS: (a) ESTRURA GERAL DO ÁCIDO BETALÂMICO;  
(b) BETACIANINAS; (c) BETAXANTINAS  
FONTE: STRACK; STEGLICH; WRAY (1993)

A betanina é uma betacianina (aduto formado pela ligação entre o ácido betalâmico e ciclo-Dopa glicosilada) bastante estudada recentemente no contexto dos pigmentos naturais. Esse pigmento pode ser utilizado com indicador ácido-base, pois apresenta uma ampla mudança de cor em diferentes valores de pH (GONÇALVES *et al.*, 2009).

A betanina foi a primeira betacianina descrita na beterraba vermelha (GRANDIA-HERRERO; ESCRIBANO; GARCÍA-CARMONA, 2005) como um dos seus principais pigmentos. Também está presente de forma significativa nos frutos dos cactos do gênero *Hylocereus* (GRANDÍA-HERRERO; GARCÍA-CARMONA; ESCRIBANO, 2006; GROTEWOLD, 2006; REBECCA; BOYCE; CHANDRAN, 2010).

#### 2.2.1.2 Estabilidade

A estabilidade das betalaínas pode ser afetada por diversos fatores, tais como concentração do pigmento, estrutura particular da betalaína, valores de pH,

atividade de água ( $a_w$ ), exposição ao oxigênio, luz, temperatura, presença de íons metálicos, enzimas e aditivos (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006a).

Considerando aspectos estruturais, as betacianinas têm sido reportadas como mais estáveis que as betaxantinas em temperatura ambiente (SAPERS; HORNSTEIN, 1979) e sob aquecimento (SINGER; VON ELBE, 1980; HERBACH; STINTZING; CARLE, 2004a). Comparando a estabilidade de diferentes betacianinas, estruturas glicosiladas são mais estáveis que as agliconas, provavelmente devido ao mais alto potencial óxido redutor da primeira (VON ELBE; ATTOE, 1985).

Embora as betalaínas exibam uma faixa de estabilidade de pH 3 a 7 (STINTZING; CARLE, 2004), as condições de pH além dessa faixa induzem a degradação das betalaínas. O pH ótimo para a estabilidade da betanina está na faixa de 4 a 6 (HAVLÍKOVÁ; MÍKOVÁ; KYZLINK, 1983), porém, as condições de temperatura elevada podem provocar o deslocamento do pH ótimo (HUANG; VON ELBE, 1987).

Devido às reações hidrolíticas dependentes da água, a atividade de água ( $a_w$ ) é outro fator crucial para a susceptibilidade da betanina para clivagem da ligação aldimina (CAI; SUN; CORKE, 1998). Os constituintes das plantas como açúcares, ácidos e substâncias pécticas diminuem o valor de  $a_w$ , assim estabilizando os pigmentos betalâmicos (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2005). Como consequência, a aplicação de betalaínas em forma concentrada ou desidratada é vantajosa para a estabilidade do pigmento, já que os efeitos da remoção da água durante o processamento resultam em valores de  $a_w$  baixos no produto final (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b).

Algumas betacianinas como as betanidinas e betaninas são instáveis na presença de oxigênio (PASCH; VON ELBE, 1979), pois reagem com o oxigênio molecular (ATTOE; VON ELBE, 1985) reduzindo a estabilidade do pigmento (CZAPSKI, 1985; HUANG; VON ELBE, 1987).

A estabilidade da betalaína também é prejudicada pela exposição do pigmento à luz (ATTOE; VON ELBE, 1981; CAI; SUN; CORKE, 1998) que apresenta uma relação inversa entre a estabilidade da betalaína e a intensidade de luz UV ou visível (ATTOE; VON ELBE, 1981). A absorção de luz excita os elétrons do cromóforo do pigmento para um estado energético mais alto, aumentando a reatividade ou diminuindo a energia de ativação da molécula (JACKMAN; SMITH, 1996).

A temperatura pode ser considerada o fator de influência mais crucial na estabilidade das betalaínas, tanto durante o processamento de alimentos quanto na sua estocagem. A taxa de degradação das betalaínas é acelerada com o aumento da temperatura e tempo de aquecimento (HAVLIKOVA; MIKOVA; KYZLINK, 1983; GARCIA BARRERA; RYNOSO; GONZALEZ DE MEJLA, 1998).

Alguns cátions metálicos, tais como ferro, cobre, estanho e alumínio aceleraram a degradação da betanina. A complexação pigmento-metal pode ocorrer, seguida de deslocamento crômico. Porém alguns agentes quelantes como o ácido cítrico podem estabilizar a betanina contra a degradação catalisada por metais (PASCH; VON ELBE, 1979; ATTOE; VON ELBE, 1984; CZAPSKI, 1990; HAMBURG; HAMBURG, 1991; SOBKOWSKA; CZAPSKI; KACZMAREK, 1991; HAN *et al.*, 1998; HERBACH *et al.*, 2006).

Considerável decomposição da betalaína pode também resultar da presença de enzimas degradadoras de betalaínas (WASSERMAN; GUILFOY, 1984). Varias polifenoloxidasas foram isoladas da beterraba vermelha (ESCRIBANO *et al.*, 1997, 2002) e sua insuficiente inativação pelo branqueamento acelerou a descoloração da beterraba (LEE; SMITH, 1979).

Alguns antioxidantes, especialmente os ácidos ascórbico e isoascórbico, podem aumentar a estabilidade da betalaína pela remoção do oxigênio (ATTOE; VON ELBE, 1982; CAI; CORKE, 1999; MARIASSYOVA; SILHAR, 2000), sendo o ácido ascórbico mais efetivo do que o isoascórbico (HERBACH *et al.*, 2006). Além disso, a suplementação com ácido ascórbico e isoascórbico antes foi mais efetiva do que a sua adição depois do aquecimento (BILYK; HOWARD, 1982; HAN *et al.*, 1998), o que mostra que esses antioxidantes não simplesmente melhoram a regeneração das betalaínas, mas também evitam a degradação do pigmento durante o tratamento térmico (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006a).

Em síntese, durante o processamento de alimentos que contém betalaínas, a retenção da cor pode ser consideravelmente aumentada pela exclusão ou remoção de condições desfavoráveis e/ou pela utilização sistemática de condições que auxiliem na conservação do pigmento (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006a).

### 2.2.1.3 Aplicação em alimentos

Dentro da faixa de cor vermelho–roxo, as antocianinas são os pigmentos naturais mais difundidos e utilizados em alimentos. Entretanto, a instabilidade das antocianinas nos valores de pH acima 3 faz das betalaínas o pigmento natural ideal para fornecer tons de cor vermelho–roxo para alimentos de baixa acidez, tais como os produtos lácteos (STINTZING; CARLE, 2004). Além disso, as betalaínas podem efetivamente ser estabilizadas pelo ácido ascórbico, o qual por outro lado prejudica a estabilidade das antocianinas (SHENOY, 1993), contudo, as betalaínas podem ser utilizadas para colorir alimentos com alto conteúdo de ácido ascórbico (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b).

As betalaínas têm diversas aplicações em alimentos: sobremesas, misturas secas, laticínios e produtos cárneos (DELGADO-VARGAS; JIMENEZ; PAREDES-LOPEZ, 2000; STINTZING; CARLE, 2006), porém sua maior aplicação tem sido em alimentos de baixa acidez e que não necessitem de tratamento térmico intenso, garantindo assim a estabilidade da cor no produto final.

### 2.2.1.4 Fontes de extração

A beterraba (*Beta vulgaris*) é a principal fonte comercial de extração de betalaínas, as quais estão disponíveis na forma concentrada e em pó. Entretanto, as beterrabas contêm geosmina e pirazinas, que são substâncias responsáveis pelo sabor desagradável (terra) dessa cultura (LU *et al.*, 2003; STINTZING; CARLE, 2004). Tentativas têm sido feitas para explorar novas fontes para a extração de betalaínas, dentro desse contexto a família mais promissora entre as plantas que contém betalaínas é a das Cactáceas (MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997; STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2003; STINTZING; CARLE, 2006).

A polpa e casca dos frutos dos cactos *Hylocereus* contêm alta concentração de betalaínas (0,23 a 0,39 %). (WYBRANIEC *et al.*, 2001; STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002a; VAILLANT *et al.*, 2005; HERBACH *et al.*, 2006). De acordo com Stintzing, Schieber e Carle (2002a) e Wybraniec e Mizrahi (2002), existem pelo

menos sete betacianinas identificadas no gênero *Hylocereus*, denominadas: betanina, isobetanina, hilocactina, isofilocactina, betanidina, isobetanidina e bougainvillein-R-I, onde todas têm espectro de absorção idêntico (540 nm), o que contribui para a cor.

Herbach *et al.* (2006) relataram que a pitaya apresenta betanina não acetilada e betacianina acetilada. Dependendo da espécie de *Hylocereus*, a betanina e a isobetanina compõem 18 a 76 % e 3 a 14 % do conteúdo de betacianinas totais, respectivamente, o restante corresponde às estruturas acetiladas (WYBRANIEC; MIZRAHI, 2002).

A presença das betalaínas foi detectada tanto na polpa quanto na casca da pitaya, sendo o nível da casca maior do que da polpa em algumas espécies (WYBRANIEC *et al.*, 2001, 2007). A casca da pitaya é considerada como um resíduo da indústria de processamento de pitaya (JAMILAH *et al.*, 2011), porém esse resíduo pode ser utilizado como matéria-prima para a extração de pigmentos.

Os resíduos do processamento das frutas e hortaliças tradicionalmente considerados como problema ambiental, estão sendo cada vez mais utilizados para a extração de compostos, tais como corantes naturais (CHET, 2009).

A produção de corante natural a partir da casca da pitaya pode ser uma grande alternativa para as indústrias de alimentos, pois além de reduzir o impacto ambiental provocado pelo atual descarte da casca, as betalaínas presentes na casca da pitaya podem ser facilmente extraídas por meio aquoso (CHET, 2009), o que torna este processo economicamente e tecnologicamente viável. Por isso, a casca da pitaya pode ser não apenas uma rica e variada fonte de corantes, mas também significar possibilidade de renda (HUI, 2009).

As betalaínas extraídas da pitaya, ao contrário da beterraba vermelha, podem ser utilizadas em alimentos sem impacto de sabor negativo como aquele derivado dos extratos de beterraba. As betalaínas nas frutas dos cactos abrangem um amplo espectro de cor do amarelo-alaranjado (*Opuntia*) ao vermelho-violeta (*Hylocereus*) (MOBHAMMER; STINTZING; CARLE, 2005b).

Uma vantagem adicional dos frutos dos cactos são suas mínimas necessidades de solo e água, sendo considerado como culturas alternativas para a economia agrícola das regiões áridas e semiáridas (CASTELLAR; OBON; FERNANDEZ-LOPEZ, 2006). Assim, as cactáceas representam uma fonte alternativa e promissora de corantes naturais. Além da cor, o corante da pitaya pode

trazer benefícios funcionais aos consumidores, devido a presença de compostos fenólicos e atividade antioxidante (STINTZING; CARLE, 2006; CHIK *et al.*, 2010).

## 2.3 REOLOGIA

O conhecimento das propriedades reológicas da matéria prima utilizada na indústria de alimentos é essencial para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, pois, diferentes materiais respondem de forma diferente as forças externas a que são submetidos (BARNES; WALTERS, 1985).

Segundo Bourne (2002), as propriedades de escoamento e deformação dos alimentos são importantes na concepção de equipamentos, como bombas, tubulações, dispositivos de "spray-dryer", etc; para obter informações sobre a estrutura dos alimentos ou sobre a conformação dos constituintes moleculares dos mesmos, especialmente os constituintes macromoleculares; e ainda para medidas que ajudarão na avaliação sensorial dos atributos relacionados à textura do produto. Baseado nessas medidas, o processo e/ou a formulação para um dado produto poderão ser alterados com o objetivo de melhorar o produto final levando em consideração os parâmetros texturais desejáveis ao consumidor.

A reologia é a ciência que estuda a deformação e o fluxo da matéria sob influência de tensões. O comportamento reológico dos materiais está relacionado com suas respostas a uma tensão aplicada e depende do tempo do processo de deformação (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989; SCHRAMM, 2006).

A propriedade física de um líquido de resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento) é descrita pela viscosidade, que é dependente da natureza físico-química da substância, da temperatura, da pressão, da taxa de cisalhamento e do tempo (SCHRAMM, 2006).

Isaac Newton, em 1687, definiu a viscosidade de um fluido como a resistência ao deslizamento de suas moléculas devido à fricção interna e, quanto maior o grau de fricção interna de um fluido, maior é a sua viscosidade. Em sua abordagem matemática, Newton utilizou o modelo de duas placas de áreas  $A$ , separadas por uma distância  $h$ , movimentadas através da aplicação de uma força  $F$  (FIGURA 4). De acordo com esse modelo, a força requerida por unidade de área

$(F/A)$  para manter uma diferença de velocidade entre as placas ( $dv/dy$ ) é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade através do líquido.

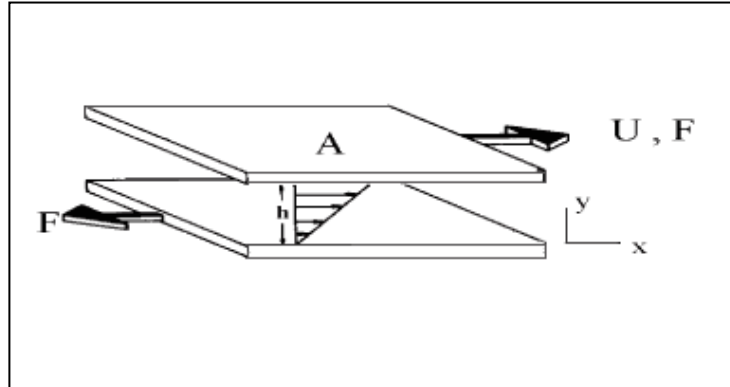


FIGURA 4 - MODELO DE PLACAS PARALELAS UTILIZADO POR NEWTON  
FONTE: BARNES (1989)

Assim, o coeficiente de proporcionalidade é igual a viscosidade ( $\eta$ ). A força por unidade de área é conhecida como tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e o gradiente de velocidade é conhecido como taxa de cisalhamento ( $\dot{\gamma}$ ) (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989).

Substituindo  $(F/A)$  por  $(\sigma)$  e  $(dv/dx)$  por  $(\dot{\gamma})$ , tem-se a equação de Newton para a viscosidade de um fluido (Equação 1).

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

onde:

$\tau$  = tensão de cisalhamento (Pa)

$\eta$  = viscosidade absoluta ou dinâmica (Pa.s)

$\dot{\gamma}$  = taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ )

Para os fluidos que seguem a lei de Newton da viscosimetria, a viscosidade não varia com as mudanças na taxa de cisalhamento, ou seja, a viscosidade é uma

constante da relação entre a tensão e a taxa de cisalhamento. Esses fluidos são conhecidos por fluidos Newtonianos (FIGURA 5) e a água é um deles. Entretanto, a maioria das soluções não apresenta esse comportamento, sendo denominados fluidos não-Newtonianos (FIGURA 5) (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989; SCHRAMM, 2006).

Ao contrário dos fluidos Newtonianos, os fluidos não-Newtonianos não apresentam uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento, isto é, os valores da viscosidade mudarão com a variação nos valores da taxa de cisalhamento. Esses valores de viscosidade são considerados como viscosidade aparente, podendo aumentar ou diminuir, de acordo com as características de cada fluido (FERREIRA *et al*, 2005).

Para a maioria dos fluidos alimentícios, os valores de viscosidade diminuem com o aumento da taxa de cisalhamento; nesse caso, diz-se que o material possui comportamento pseudoplástico. Como exemplos, têm-se alguns tipos de emulsões e vários tipos de suspensões. Quando o contrário acontece, ou seja, a viscosidade aumenta com aumento da taxa de cisalhamento, diz-se que o material possui comportamento dilatante e, como exemplo, têm-se certas suspensões com alta percentagem de sólido (FERREIRA *et al.*, 2005).

Outros tipos de fluidos não-Newtonianos são os fluidos plásticos. Esses fluidos necessitam de uma tensão finita, conhecida como tensão de escoamento ou "yield stress", para que ocorra movimento das partículas. Esse tipo de comportamento é característico de suspensões pseudo-homogêneas de partículas finas ou ultrafinas (FERREIRA *et al.*, 2005).

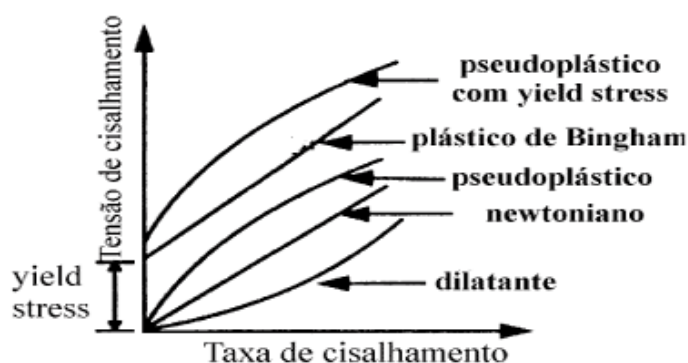


FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE DIFERENTES TIPOS DE SUSPENSÕES

FONTE: KAWATRA *et al.* (1996)



Fluidos não-Newtonianos cujo comportamento reológico é dependente do tempo de cisalhamento são classificados em tixotrópicos ou reopéticos. No primeiro caso, observa-se uma redução na viscosidade durante o tempo de cisalhamento. Quando o cisalhamento é reduzido gradativamente até a condição inicial, o fluido será menos viscoso ao chegar ao valor mínimo de tensão de cisalhamento. Já os líquidos reopéticos, também conhecidos como antitixotrópicos, apresentam o comportamento oposto (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989; SCHRAMM, 2006).

A grande maioria dos fluidos apresenta um comportamento reológico que os classifica entre os líquidos e sólidos: são chamados de viscoelásticos. Desse modo, a viscosidade e a elasticidade são duas possibilidades de resposta à tensão a que são submetidos. O comportamento sólido (distensão) ou líquido (fluxo) vai depender das características relacionadas ao tempo natural de relaxação e ao tempo de duração do experimento (SCHRAMM, 2006).

A investigação do comportamento viscoelástico em testes reológicos requer a aplicação de uma força sobre o material sob investigação e a medição de sua deformação, ou, equivalentemente, a aplicação de uma deformação e a medida da sua resistência. Em análises em sistemas viscoelásticos lineares, uma tensão oscilatória é aplicada à amostra e a resistência à deformação é medida. Deformações ideais esperadas devem ser inferiores a 10 % (MORRIS, 1995).

Em viscoelasticidade existem limites para o uso do reômetro, distinguindo-se viscoelasticidade linear de não linear. Na primeira, há uma relação linear entre a deformação sofrida e a tensão aplicada ao material, ou seja, a deformação é, a qualquer tempo, proporcional à tensão aplicada e não há alteração da estrutura original da amostra. Geralmente, as tensões que mantêm as amostras dentro de sua faixa de viscoelasticidade linear são pequenas (SCHRAMM, 2006).

Na viscoelasticidade não linear, a amostra é deformada até o ponto em que ligações internas temporárias de moléculas ou agregados são destruídas, ocorre perda de viscosidade e grande parte da energia introduzida é irreversivelmente perdida como calor. Os dados obtidos não são absolutos, e dessa forma não serão reproduzíveis em outro reômetro (SCHRAMM, 2006).

A consequência da importância da faixa de viscoelasticidade linear é que qualquer teste dinâmico para amostras desconhecidas deve começar com uma varredura de tensão, onde poderá ser determinada a amplitude que mantém a região

de viscoelasticidade linear para a amostra, e assim pode-se proceder a outros testes reológicos para verificar o comportamento da amostra (SCHRAMM, 2006).

O comportamento reológico dos fluidos viscoelásticos é analisado através de ensaios dinâmicos, onde as amostras normalmente são avaliadas quanto à sua viscosidade e elasticidade sendo submetidas a tensões oscilatórias. Nesse tipo de experimento, avalia-se o comportamento de um fluido ou a “força do gel” através dos valores de ( $G'$ ) módulo de armazenamento ou elástico e ( $G''$ ) módulo de perda ou viscoso. Se uma substância apresenta-se puramente viscosa, ( $G'$ ) será igual a zero e se ela for puramente elástica, ( $G''$ ) será igual a zero, porém a maioria das substâncias apresenta ambos os componentes ( $G'$ ) e ( $G''$ ) (SCHRAMM, 2006).

Quando o módulo elástico ( $G'$ ) é superior ao módulo viscoso ( $G''$ ) e ambos são independentes da frequência, o material tem caráter de sólido ou gel forte. Um gel fraco apresenta valores maiores para módulo viscoso ( $G''$ ) em relação ao elástico ( $G'$ ), em baixas frequências e em altas frequências ocorre uma inversão dos módulos, com ( $G'$ ) maior que ( $G''$ ). Em soluções diluídas, os valores de ( $G''$ ) são significativamente maiores do que os valores de ( $G'$ ) em toda a faixa de frequência, especialmente em baixas frequências (SCHRAMM, 2006).

Quando os valores de ( $G'$ ) e ( $G''$ ), obtidos através de experimentos são plotados em função da frequência, obtém-se o denominado “espectro mecânico”, desse modo torna-se possível caracterizar o comportamento viscoelásticos dos sistemas.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya e investigar as características reológicas e o potencial da aplicação do mesocarpo da fruta como corante natural para alimentos.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as características físico-químicas da polpa (endocarpo), mesocarpo e casca (epicarpo) da pitaya;
- Avaliar a atividade antioxidante e presença de compostos fenólicos na polpa, mesocarpo e casca da pitaya;
- Analisar as características reológicas do mesocarpo da pitaya;
- Quantificar e avaliar a estabilidade das betalaínas presentes no mesocarpo da pitaya frente a diferentes condições de pH e tempo de exposição ao aquecimento;
- Testar a funcionalidade do mesocarpo de pitaya desidratado como corante natural em gelatina em pó e iogurte

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

#### 4.1.1 Amostras

As amostras de pitaya das espécies *Selenicereus setaceus* (SS) (FIGURA 6a) e *Hylocereus undatus* (HU) (FIGURA 6b) foram coletadas na unidade da Embrapa Cerrado, localizada em Brasília – DF, nas safras de janeiro de 2011 e janeiro de 2012. Em cada safra, foram colhidos 30 frutos de cada espécie, embalados e transportados até o Laboratório de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram armazenados em câmara fria à temperatura de 6°C por 20 dias.

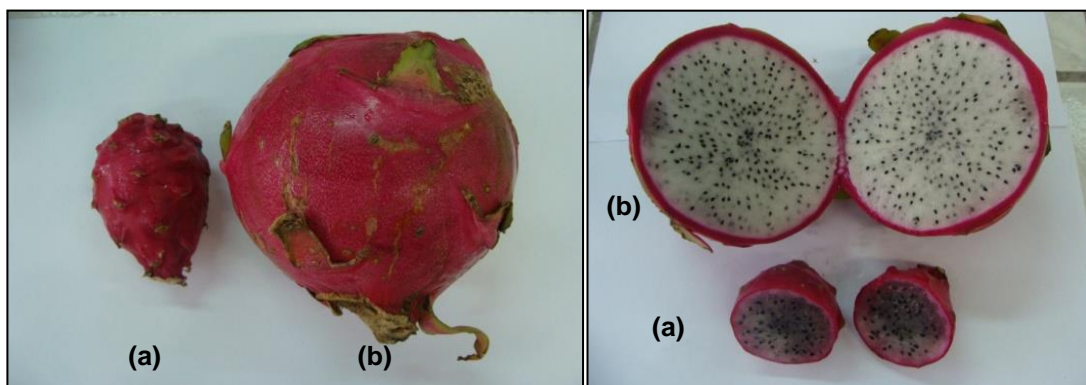


FIGURA 6 – AMOSTRAS DE PITAYA: (a) *Selenicereus setaceus* (SS);  
(b) *Hylocereus undatus* (HU)

FONTE: O autor

#### 4.1.2 Reagentes

Os reagentes utilizados foram todos de grau analítico. Os reagentes: Folin-Ciocalteu; 2,4,6-tris-(2-piridil)-1,3,5-triazina (TPTZ); 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH);

e Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) foram obtidos da Sigma Aldrich (Santa Ana, EUA). As enzimas alfa-amilase, protease e amiloglicosidase foram obtidas da Megazyme (Irlanda). Os demais reagentes: hidróxido de sódio, éter etílico, ácido sulfúrico, sulfato de sódio anidro, sulfato de cobre, ácido bórico, álcool etílico, ácido clorídrico, ácido oxálico, ácido ascórbico, diclorofenolindofenol-sódio (DCFI), acetato de zinco, ferrocianeto de potássio, sulfato de cobre, tartarato de sódio e potássio, acetona, acetato de zinco e ferrocianeto de potássio foram obtidos da Vetec (Rio de Janeiro, Brasil). A água utilizada foi purificada por sistema de deionização (deionizador Milli-Q, Millipore, Bedford, EUA).

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1 Preparo das amostras

As amostras de pitaya foram lavadas em água corrente. Em seguida, foram manualmente abertas e separadas em: casca, mesocarpo e polpa (com sementes) para a espécie (HU) (FIGURA 7) e casca e polpa (com sementes) para a espécie (SS).

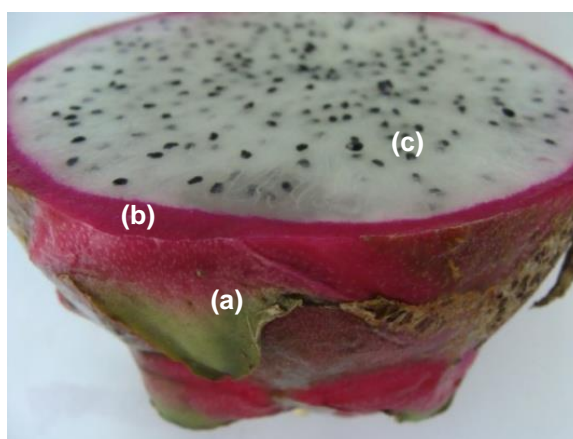


FIGURA 7 - PITAYA (*Hylocereus undatus*): (a) CASCA; (b) MESOCARPO E (c) POLPA.

FONTE: O autor

Parte das amostras foi mantida sob refrigeração (*in natura*). Outra parte foi manualmente fragmentada, embalada em sacos de polietileno e em seguida congelada a -18 °C. E ainda, parte do mesocarpo da pitaya (HU) foi desidratada em estufa (DeLeo, DLS04) a 45 °C por cerca de 12 horas. Após a desidratação, essa amostra foi triturada em moinho (Quimis, Q298 A21), acondicionada em sacos plásticos de polietileno e armazenada em dessecador.

#### 4.2.2 Caracterização físico-química

##### 4.2.2.1 Análises físicas

As análises físicas foram realizadas nos 30 frutos obtidos em cada safra (2011 e 2012) e espécie (HU e SS).

As dimensões da fruta (comprimento e diâmetros) foram obtidas através de paquímetro digital (Lee tools, 150 mm / 6") e os resultados expressos em centímetros (cm). A massa da fruta, polpa e casca foi obtida através da pesagem individual em balança semi-analítica (Marte, As5500c) e os resultados expressos em gramas (g).

A densidade das frutas foi determinada pela relação massa / volume, através da pesagem dos frutos dentro e fora da água, e calculada conforme a fórmula descrita por Mohsenin (1978) (Equação 2), sendo o peso da água deslocada o valor obtido pela pesagem da fruta submersa em água menos o peso do recipiente mais o peso da água.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{peso do fruto} \times \text{densidade da água}}{\text{peso da água deslocada}} \quad (2)$$

A cor foi determinada com o auxílio do calorímetro (Minolta CR-400 Chroma) com iluminante D65 e no sistema CIE L\*a\*b\*. As leituras foram realizadas em seis pontos aleatórios da superfície da casca da fruta. As amostras de polpa foram homogeneizadas e as leituras colorimétricas foram realizadas com auxílio de uma cubeta (acrílica com 1 cm de largura), em triplicata.

#### 4.2.2.2 Análises químicas

As análises químicas foram realizadas com amostras retiradas de três frutas trituradas e homogeneizadas. Foram analisadas: polpa e mesocarpo da espécie (HU) e polpa e casca da espécie (SS).

As análises de fibras (solúveis e insolúveis) e açúcares (redutores e não redutores) foram realizadas em duplicata e de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985). As fibras solúveis e insolúveis foram determinadas através de método enzimático-gravimétrico. Os açúcares redutores e não redutores foram determinados antes e após hidrólise ácida e os resultados expressos em glicídios redutores em glicose e glicídios não-redutores em sacarose.

As leituras de pH foram efetuadas com medidor digital de pH (Quimis, Q-400A) calibrado com tampões pH 4,0 e 7,0. Os valores de sólidos solúveis (°Brix) foram obtidos com o auxílio de refratômetro digital (Metler Toledo LLi 58318). A acidez titulável foi quantificada por titulação com solução de NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup> e expressa em mg de ácido málico / 100 g de amostra. O conteúdo de matéria seca foi obtido pela secagem em estufa (DeLeo, DLS04) a 105 °C até peso constante. As cinzas foram determinadas pela incineração da amostra a 550 °C em mufla (Quimis, Q-318M24) até peso constante. As proteínas foram analisadas pelo método de Kjeldahl, baseado na determinação de nitrogênio, após digestão da matéria orgânica. Os lipídeos foram extraídos com éter etílico empregando extrator de Soxhlet. As análises foram realizadas em triplicata de acordo com as normas recomendadas pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005)

O conteúdo de Vitamina C foi quantificado pelo método de Tillmans, baseado na redução 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) e expressa em mg de ácido ascórbico % m/v.

#### 4.2.3. Preparo dos extratos

Para a obtenção dos extratos, foram utilizadas três frutas de cada espécie (HU e SS) da safra de 2011. Para a espécie (HU), foram separadas: polpa (com

sementes) e mesocarpo; e para a espécie (SS), foram separadas: polpa (com sementes) e casca. As amostras foram então trituradas em processador de alimentos (Philips RI 1342).

Foram retirados 5 g da amostra triturada para a extração em temperatura ambiente, utilizando 200 mL de acetona 80 % como solvente extrator, em ultra-som (Unique, USC – 1400) por 15 min. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro Whatman nº1, e então evaporado com o auxílio de um rota evaporador e congelado a -18°C (TANG, NORZIAH, 2007).

#### 4.2.4 Determinação do conteúdo de fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado a partir dos extratos previamente obtidos (item 4.2.3) de acordo com o método de Folin-Ciocalteu (ROSSI; SINGLETON, 1965), com leituras realizadas a 765 nm em espectrofotômetro (Micronal, B572). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes ao ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra (mg EAG / 100 g), calculados a partir da curva padrão com ácido gálico ( $y = 0.0011x - 0.0254$ ;  $R^2 = 0.9968$ ) elaborada com concentrações variando de 50 a 500 mg.L<sup>-1</sup>. As análises foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.5 Determinação da atividade antioxidante

##### 4.2.5.1 Método FRAP

A avaliação do potencial redutor de ferro (FRAP) foi determinada a partir dos extratos previamente obtidos (item 4.2.3) de acordo com a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996), com leituras realizadas a 620 nm em espectrofotômetro (Micronal, B572). Os resultados foram expressos como capacidade antioxidante equivalente ao ácido ascórbico ( $\mu\text{mol EAA} / 100 \text{ g}$ ), calculados a partir da curva



padrão de ácido ascórbico elaborada com concentrações variando de 25 a 500  $\mu\text{mol}$ . As análises foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.5.2 Método DPPH

A redução do radical estável DPPH foi determinada a partir dos extratos previamente obtidos (item 4.2.3) de acordo com a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações de Kim *et al.* (2002), com leituras realizadas a 515 nm em espectrofotômetro (Micronal, B572), antes de adicionar a amostra ( $A_0$ ) e após a adição da amostra a 30 minutos de reação ( $A_1$ ). Os resultados foram expressos como capacidade antioxidante equivalente ao ácido ascórbico ( $\mu\text{mol EAA} / 100 \text{ g}$ ), calculados a partir da curva padrão de ácido ascórbico, elaborada com concentrações variando de 25 a 500  $\mu\text{mol}$ . As análises foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.6 Análises reológicas

A amostra do mesocarpo da pitaya (HU) desidratada foi reidratada ao valor da umidade inicial (90 % de água) e homogeneizada em homogeneizador (Silverson L4RT) a 9000 rpm por 3 minutos.

As medidas reológicas foram realizadas em Reômetro (Mars II), acoplado a um banho termoestabilizado (Haake K15), a um termocirculador de água (DC5), e a um controlador térmico (Peltier), utilizando sensor placa-placa.

Previamente às análises reológicas, foi determinada a inércia para descontar os valores das forças centrífugas e centrípetas geradas durante os experimentos.

Para a obtenção das curvas de fluxo, a taxa de cisalhamento variou entre 0,1 a 300  $\text{s}^{-1}$  a 25 °C, com aquisição de 100 pontos, em triplicata. Os resultados obtidos com a curva de fluxo foram ajustados pela Lei da Potência (Ostwald-de-Waelle) (Equação 3).

$$\tau = k(\dot{\gamma})^n \quad (3)$$

onde:

$\tau$  = tensão de cisalhamento ( $\text{N/m}^2$ )

$\dot{\gamma}$  = taxa de deformação ( $\text{s}^{-1}$ )

$K$  = índice de consistência ( $\text{N/m}^2 \cdot \text{s}^n$ )

$n$  = índice de comportamento de fluxo (adimensional)

Em seguida, realizou-se uma varredura de tensão na faixa de 0,1 a 100 Pa nas frequências de 1 e 10 Hz e temperatura de 25 °C para verificação da faixa viscoelástica linear e seleção da tensão ou deformação que seriam empregadas nas análises de varredura de frequência e rampas de temperatura.

As varreduras de frequência foram conduzidas na tensão ou deformação pré-selecionada, aumentando a frequência oscilatória com o tempo, na faixa de 0,1 a 100 Hz e temperatura de 25 °C.

O comportamento da amostra foi avaliado também com variações de temperatura utilizando um programa de aquecimento de 3 °C / min, nas temperaturas crescentes de 1 a 95 °C, seguida de resfriamento de 95 a 1 °C, em frequência fixa de 1 Hz. Para prevenir a evaporação do solvente, foi aplicada uma camada de óleo mineral ao redor da placa de análise.

#### 4.2.7 Quantificação das betalaínas

A definição do espectro das betalaínas presentes no mesocarpo da pitaya (HU) desidratada foi realizada através de leituras em varredura de absorbância de 200 a 780 nm, com velocidade de 400 nm / min em espectrofotômetro (Hitachi, U-1800). A leitura foi realizada na faixa de 536 nm (referente à betanina) e os resultados foram registrados em gráficos através do software UV solutions 2.2.

A amostra do mesocarpo desidratada (1 g) foi diluída em água e transferida para um balão volumétrico, onde o volume foi completado para 100 mL. Em seguida, as amostras foram filtradas com o auxílio de bomba a vácuo com papel filtro Whatman nº1. O filtrado foi então utilizado para as leituras espectrofotométricas que foram realizadas em triplicata.

A quantificação das betalaínas foi realizada de acordo com Lei de Beer-Lambert-Bouguer, modificada por Tang e Norziah (2007) (Equação 4)

$$Bc = \frac{A \times MW \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (4)$$

onde:

Bc = equivalente em betanina (mg / L)

A =  $\lambda_{\max}$  a 536 nm

PM = peso molecular da betanina (550 g / mol)

$\epsilon$  = coeficiente molar de excitação da betanina (60.000 L / mol.cm)

l = largura da cubeta (1 cm)

#### 4.2.8 Estabilidade das betalaínas

A estabilidade das betalaínas presentes no mesocarpo da pitaya (HU) desidratada foi avaliada através da exposição de extratos de betalaínas a diversas condições de pH (2,4; 3,2; 3,7; 4,2; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8) e tempos (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 a 90 min) de aquecimento à temperatura de 100 °C.

Os extratos foram preparados com amostras de mesocarpo desidratada (1 g), diluídas em soluções tampão, e transferidas para um balão volumétrico, onde o volume foi completado para 100 mL. Em seguida, as amostras foram filtradas a vácuo com papel filtro Whatman nº1.

Para obter soluções em diferentes valores de pH, foram utilizados tampões preparados com diferentes proporções de soluções de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (0,2 M) e ácido cítrico (0,1 M), conforme descrito por Morita e Assumpção (2005).

O extrato foi exposto à temperatura de 100 °C, e três amostras foram retiradas nos intervalos de tempo estabelecidos para as leituras espectrofotométricas (Hitachi, U-1800), em varredura de absorvância de 280 a 780 nm, com velocidade de 400 nm/min, e colorimétricas (Minolta CR-400 Chroma) com iluminante D65 e sistema CIE L\*a\*b\*, com auxílio de cubeta (acrílica com 1 cm de largura), em triplicata.

#### 4.2.9 Rendimento e aplicação do mesocarpo como corante natural em alimentos

O rendimento da amostra foi calculado pela diferença da amostra antes e após a desidratação em estufa (DeLeo DLS04) a 45 °C por 12 horas e expresso em percentagem.

O mesocarpo desidratado da pitaya (item 4.2.1) foi padronizado em peneira (Standard Test Sieve, ASTM E-11) para 100 mesh, e em seguida aplicada em amostras de gelatina em pó incolor sem sabor (Oetker) e iogurte natural (Batavo) nas concentrações de: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 e 5 %.

As amostras de gelatina (2,4 g de gelatina em 100 ml de água) e iogurte coloridas foram submetidas a análises colorimétricas em colorímetro (Minolta CR-400 Chroma) com iluminante D65 e sistema CIE L\*a\*b\*.

#### 4.2.10 Estatística

Os resultados foram avaliados com o auxílio dos programas Microsoft Excel versão 2007 para as análises de estatística descritiva (médias e desvio padrão) e Sestamet (NASSAR; WRONSCKI; OHIRA, 2013) para os testes de comparação de médias e t de Student, ao nível de 5 % de significância estatística.

Para obtenção dos ajustes dos modelos reológicos, foram utilizadas as curvas de fluxo. O parâmetro estatístico avaliado para verificar a adequação do modelo foi o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 AMOSTRAS

A pitaya da espécie (SS) é uma fruta nativa do cerrado, mas pode ser encontrada também em outros ecossistemas brasileiros. Já a pitaya da espécie (HU) utilizada neste trabalho foi introduzida na década de 1990 e passou por alterações genéticas para se adaptar às condições climáticas do cerrado brasileiro e vem sendo estudada e cultivada a fim de ser difundida pelo território nacional para a padronização comercial da fruta.

Segundo Junqueira *et al.* (2010), o Brasil apresenta muitas variedades de pitaya, entretanto, ainda não há uma cultivar lançada que, além de atender às necessidades climáticas de produção, satisfaça também às exigências do consumidor. As mudas comercializadas atualmente não são provenientes de sementes selecionadas e observa-se, em um mesmo plantio, grande variação na produção, tamanho e formato de frutos, bem como em suas características físico-químicas, refletindo a não uniformidade das mudas e necessidade de existência de uma cultivar padronizada. Por isso, a pitaya (HU) provinda de sementes selecionadas foi escolhida como objeto principal deste estudo. Já a pitaya da espécie (SS) foi analisada a fim de se obterem dados de uma cultivar tipicamente brasileiro, porém sem abrangência comercial.

Durante o transporte e armazenamento das amostras, foi possível observar que a pitaya apresentou uma boa vida de prateleira, cerca de 15 dias à temperatura de 6°C e resistência a choques mecânicos e mudanças de temperatura. A espécie (HU) é mais resistente que a espécie (SS), pois algumas unidades da (SS) ficaram deterioradas devido ao choque mecânico durante o transporte das frutas, o que inclusive comprometeu a conclusão de análises químicas na casca da fruta dessa espécie.

As amostras deste trabalho permaneceram dois dias em temperatura ambiente e mais 20 dias em câmara fria com temperatura média de 6°C, considerada por Punitha, Boyce e Chandran (2010) como a temperatura ideal de

armazenamento da pitaya. Foi observado que durante esse período as amostras apresentaram características sensoriais satisfatórias para consumo e análise.

Estudos de variações nas características físico-químicas de frutos de pitaya em pós-colheita comprovaram que a vida útil (tempo comercialização) do fruto sem uso de nenhum tratamento químico poderá ser de até 10 dias (HOA *et al.*, 2006) ou de uma a duas semanas a 20 °C ou 14 °C, respectivamente (NERD; GUTTMAN; MIZRAHI, 1999). E ainda, Luders e McMahon (2006) relataram que com umidade relativa de 90 % - 98 %, a fruta pode ser estocada por dois a três meses a 7-10 °C .

A primeira tentativa do trabalho foi a separação igual das partes (casca, mesocarpo e polpa) da fruta das duas espécies (HU e SS), porém a pitaya da espécie (SS) apresentou casca muito fina e totalmente aderida ao mesocarpo, não sendo possível a sua separação. Já a pitaya da espécie (HU) apresentou um mesocarpo bem representativo, de coloração atrativa e com facilidade de separação. Além disso, a separação da casca da (HU) possibilitou uma amostra de mesocarpo sem sujidades e resíduos (escamas) e com maior interesse econômico e tecnológico. Com a separação do mesocarpo, a casca da pitaya da espécie (HU) resumiu-se a escamas, sujidades e restos de cladódios, por isso, não foi utilizada para análise (FIGURA 8).

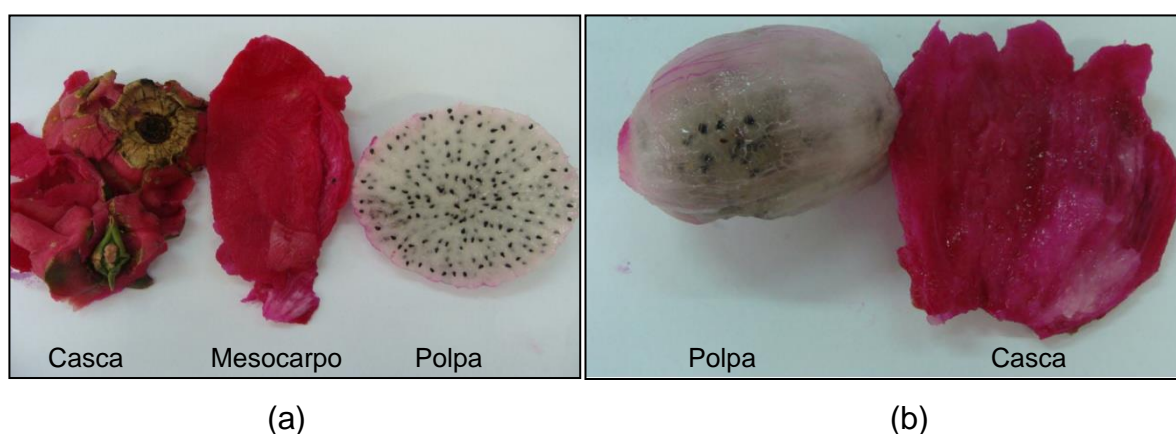


FIGURA 8 – AMOSTRAS DE PITAYA: (a) *Hylocereus undatus*; (b) *Selenicereus setaceus*  
FONTE: O autor

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados das análises físicas da pitaya (HU e SS) das safras 2011 e 2012 estão apresentados nas TABELAS 2 e 3.

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PITAYA DAS ESPÉCIES *Hylocereus undatus* E *Selenicereus setaceus* NAS SAFRAS DE 2011 E 2012

Parâmetros		Pitaya							
		<i>Hylocereus undatus</i>				<i>Selenicereus setaceus</i>			
		Safr 2011		Safr 2012		Safr 2011		Safr 2012	
Comprimento (cm)		11,49 ± 0,78		9,72 ± 0,79		7,52 ± 0,51		7,75 ± 0,76	
Diâmetro central (cm)		9,73 ± 0,77		9,09 ± 0,72		4,50 ± 0,34		4,55 ± 0,41	
Diâmetro da extremidade ligada ao cladódio (cm)		7,42 ± 0,62		7,03 ± 0,64		3,72 ± 0,31		3,73 ± 0,36	
Diâmetro da extremidade (cm)		7,78 ± 0,60		7,07 ± 0,70		3,18 ± 0,32		3,59 ± 0,28	
Peso (g)		634,92 ± 141,70		486,43 ± 137,71		82,83 ± 14,05		91,68 ± 21,04	
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		0,99 ± 0,006		1,00 ± 0,01		1,00 ± 0,0007		0,99 ± 0,001	
Cor		Polpa	Casca	Polpa	Casca	Polpa	Casca	Polpa	Casca
Parâmetros	L*	46,95±4,66	40,37±2,38	35,39±1,06	44,01±2,26	37,4±12,68	34,16±2,67	30,08±2,12	32,51±1,83
	a*	1,00±0,60	38,78±9,50	0,80±0,41	36,42±6,06	4,43±3,26	39,42±5,21	3,78±1,67	34,13±3,01
	b*	0,99±0,53	13,20±3,39	0,57±0,43	12,07±3,01	-1,31±6,5	9,64±2,47	-1,51±0,49	9,79±1,21

Resultados em média ± desvio padrão de trinta repetições

A pitaya da espécie (HU) apresentou dimensões (comprimento, diâmetros) e peso superiores aos da pitaya da espécie (SS) (TABELA 2) com 95 % de confiança, de acordo com o teste t de Student. As frutas apresentaram formato ovoide, o que pôde ser comprovado pela proximidade dos valores do diâmetro central e das extremidades, conforme descrito por Ariffin *et al.* (2009).

Os valores de comprimento (safr 2011 = 11,49 cm; safr 2012 = 9,72 cm) e diâmetro central (safr 2011 = 9,73 cm; safr 2012 = 9,09 cm) encontrados para a espécie (HU) estão de acordo com os valores relatados por Le Bellec, Vaillant e Imbert (2006), Ariffin *et al.* (2009) e Pinto *et al.* (2010), que encontraram frutas da mesma espécie com diâmetro central variando de 7 a 22 cm e comprimento de 8 a 15 cm.

Por se tratar de uma espécie nativa do cerrado brasileiro, não foram encontrados trabalhos para comparar os dados obtidos para a espécie (SS), porém, Alvarado, Cruz e Rindermann (2003) reportaram que as características de exportação da pitaya são: comprimento mínimo de 8 cm, diâmetro de 5 cm e peso de

200 a 250 g. Segundo esses autores, a pitaya da espécie (SS) estaria fora dos padrões de exportação, enquanto a pitaya da espécie (HU) apresentou valores de acordo com os exigidos pelo mercado importador.

A média de peso total da fruta obtida para a pitaya da espécie (HU) foi de 634,92 g na safra de 2011 e 486,43 g na safra de 2012, médias essas superiores aquelas relatadas por Luders e McMahon (2006), Nerd e Mizrahi (1997), Nerd, Gutman e Mizrahi (1999), Junqueira *et al.* (2002), e To *et al.* (2002) que variaram de 350 a 450 g. Para a espécie (SS), foram encontrados valores médios de peso comparativamente menores dos que os determinados para espécie (HU), sendo 82,83 g na safra de 2011 e 91,68 g na safra de 2012.

Estudos reportaram que a pitaya da espécie (HU) pode apresentar peso variando de 200 até 1000 g (MIZRAHI; NERD, 1999; ALVARADO; CRUZ; RINDERMAN, 2003; LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006; ZAINOLDIN; BABA, 2009; NUR 'ALIAA *et al.*, 2010; BRUNINI; CARDOSO, 2011), porém o peso da fruta depende tanto da polinização quanto da variedade (MERTEN, 2003).

A densidade das frutas das duas espécies (HU e SS) foi de 0,99 -1,00 g / cm<sup>3</sup>, valores esses próximos ao reportado por Stintzing, Schieber e Carle (2003), que foi 1,0382 g / cm<sup>3</sup> para a espécie (HU).

A espécie (HU) apresentou maior luminosidade (L\*) da casca (2011 = 40,37; 2012 = 44,01) do que a espécie (SS) (2011 = 34,16; 2012 = 32,51) (TABELA 2) com 95% de confiança, segundo o teste t de Student. Os valores de L\* da casca da espécie (HU) foram próximos aos relatados por Stintzing, Schieber e Carle (2003) e variaram de 47,3 a 58,7, os autores ainda enfatizaram que existe uma relação entre o brilho da cor com o pH, sendo maior o brilho em pH mais alto, devido à estabilidade das betalaínas presentes na casca.

A casca da pitaya apresentou baixos valores de b\* (variação entre azul e amarelo) e altos valores de a\* (variação entre vermelho e verde) (TABELA 2), indicando a presença de cor avermelhada, característica de frutas maduras. A mudança de cor da casca da pitaya durante o amadurecimento de verde para carmim está relacionada com a perda do conteúdo de clorofila seguida da síntese das betalaínas (NERD; MIZRAHI, 1997). Por isso, pode-se afirmar que existe uma correlação significativamente negativa entre o conteúdo de betalaínas totais e os valores de b\* da casca da pitaya (PHEBE *et al.*, 2009).



Em geral, as polpas de ambas as espécies (HU) (2011 = 46,95; 2012 = 35,39) e (SS) (2011 = 37,40; 2012 = 30,08) apresentaram luminosidade próxima à encontrada por Pinto et al. (2010) ( $L^*$  = 33,95) e valores de  $a^*$  superiores aos valores de  $b^*$ , resultantes de alguns fragmentos do mesocarpo, de coloração carmim, possivelmente aderidos à polpa.

O rendimento das frutas em polpa foi de 76,5 % e 85 % para a espécie (HU) e de 76 % e 71 % para a espécie (SS), nas safras de 2011 e 2012, respectivamente (TABELA 3). Os resultados estão de acordo com Nerd, Guttman e Mizrahi (1999), Vaillant et al. (2005) e Le Bellec, Vaillant e Imbert (2006) que relataram que na maioria das espécies de pitaya, o peso da polpa corresponde de 60 % a 80 % do peso total da fruta.

TABELA 3 – PROPORÇÕES DE CASCA, MESOCARPO E POLPA DA PITAYA DAS ESPÉCIES *Hylocereus undatus* E *Selenicereus setaceus* NAS SAFRAS DE 2011 E 2012

Proporções (%)	Pitaya									
	<i>Hylocereus undatus</i>						<i>Selenicereus setaceus</i>			
	2011			2012			2011		2012	
	Casca	Mesocarpo	Polpa	Casca	Mesocarpo	Polpa	Casca	Polpa	Casca	Polpa
	9,5	14	76,5	7,5	7,5	85	24	76	29	71

Resultados em média e desvio padrão de três repetições

Os resultados da caracterização química da pitaya (HU e SS) das safras 2011 e 2012 estão apresentados na TABELA 4.

A pitaya como a maioria das frutas apresentou alta umidade (80 % a 90 %) tanto para a polpa quanto para o mesocarpo e casca. Nerd, Guttman e Mizrahi (1999), Stintzing, Schieber e Carle (2003) e Vaillant et al. (2005) encontraram umidade de 82 % a 88 % na polpa da pitaya, enquanto Nur 'Aliaa, Slti Mazlina e Taip (2010) encontraram umidade de 87,73 % na polpa da pitaya sem semente.

Os maiores valores para o conteúdo de cinzas foram encontrados na casca da espécie (SS) (0,59 % e 0,4 %). Os menores valores de cinzas foram encontrados na polpa de ambas as espécies (0,06 % em base seca equivalente a 0,42 % em base úmida) e estão de acordo com o conteúdo encontrado por Nur 'Aliaa, Slti Mazlina e Taip (2010) na polpa da pitaya sem semente, que foi de 0,40 % em base úmida.

TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA PITAYA DAS ESPÉCIES *Hylocereus undatus* E *Selenicereus setaceus* NAS SAFRAS DE 2011 E 2012

Parâmetros	Pitaya							
	<i>Hylocereus undatus</i>				<i>Selenicereus setaceus</i>			
	Safr 2011		Safr 2012		Safr 2011		Safr 2012	
	Polpa	Mesocarpo	Polpa	Mesocarpo	Polpa	Casca	Polpa	Casca
Umidade (%)	89,3±0,38	90,23±0,25	86,21±0,32	84,86±0,65	87,63±0,16	81,99±0,16	83,39±0,15	84,2±0,06
Cinzas (%)	0,06±0,01	0,17±0,005	0,06±0,005	0,22±0,18	0,06±0,001	0,59±0,01	0,06±0,02	0,4±0,005
Proteínas (%)	0,84±0,01	0,64±0,002	0,62±0,02	0,66±0,006	0,62±0,05	0,51±0,001	0,69±0,07	0,57±0,01
Lípídeos (%)	0,39±0,05	0,02±0,008	0,06±0,01	0,07±0,03	0,25±0,02	0,12±0,07	0,20±0,03	0,18±0,01
Açúcar redutor (%)	9,54±0	0,7±0	7,17±0,63	2,62±0,02	11,17±0	5,55±0	9,97±0,22	4,62±0,14
Açúcar não redutor (%)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fibra solúvel (%)	0,25±0	2,14±0	2,1±0	1,3±0,99	0,63±0	4,13±0	1,05±0,64	7,5±0,85
Fibra insolúvel (%)	1,48±0	2,9±0	2,75±0,21	5,7±0,71	1,13±0	6,53±0	11,35±0,07	12,2±1,27
Vitamina C (mg/100 g)	2,87±0,59	7,62±2,21	5,02±0,53	7,04±0,88	2,33±0,14	4,72±1,33	3,42±0,50	5,37±1,71
Acidez (mg de ácido málico / 100 g)	0,10±0,003	0,22±0,06	0,18±0,003	0,25±0,034	0,11±0,002	-	0,08±0,02	0,39±0,004
Sólidos solúveis (°Brix)	15,23±1,23	7,15±0,05	12,47±0,09	12,77±1,01	14,6±0,46	-	14,3±0,2	14,17±0,06
pH	5,6±0,04	5,48±0,06	5,49±0,22	4,83±0	4,98±0	-	5,21±0,02	5,18±0,006

Resultados em média ± desvio padrão de três repetições

As análises de acidez titulável, sólidos solúveis e Brix da amostra de casca da espécie (SS) na safra de 2011 não foram concluídas devido à escassez de amostra e à necessidade de repetição das demais análises realizadas.

As amostras apresentaram baixo conteúdo de proteínas, sendo o maior valor encontrado de 0,84 % na polpa da pitaya da espécie (HU). O conteúdo de proteínas da pitaya varia consideravelmente conforme pode ser observado em diversos trabalhos onde foram encontrados valores entre 0,3 a 1,5 % (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2001, 2003). Essa diferença pode ser atribuída às metodologias aplicadas, ou ainda pela possível interferência de outros compostos nitrogenados, tais como as betalainas, que podem superestimar o valor das proteínas. Outros fatores tais como variedades da fruta, solo, clima e grau de maturação, podem também exercer grande influência nos resultados.

Os valores de lipídeos foram mais altos na polpa do que na casca de ambas as espécies e safras, exceto na espécie (HU) na safra de 2012. Os valores de lipídeos encontrados na polpa são correspondentes ao óleo presente nas sementes da pitaya, pois, Nur 'Aliaa, Slti Mazlina e Taip (2010), quando analisaram a polpa da pitaya sem sementes, não encontraram lipídeos em sua composição.

Foi encontrada maior quantidade de açúcar redutor na polpa do que no mesocarpo e na casca de todas as amostras e safras analisadas, sendo os

principais: glucose e frutose (WICHIENTHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010). Wu e Chen (1997) relataram que os maiores conteúdos de açúcar foram detectados no centro da fruta, sendo 104,3 e 64,9 mg / g para glucose e frutose, respectivamente. Teores mais baixos desses açúcares foram detectados nas partes periféricas da fruta de 64,3 até 89,3 mg / g para a glucose e 40,1 até 50,1 mg / g para a frutose

Os níveis de açúcar não redutor foram menores do que 0,5 g / 100 g em todas as amostras analisadas. Esse resultado está de acordo com Stintzing, Schieber e Carle (2003), que relataram que o suco da pitaya é desprovido de sacarose.

As fibras insolúveis (FI) estão presentes em maior quantidade do que as solúveis (FS) em todas as amostras e safras analisadas. Sendo os maiores valores de 11,35 e 12,2 g / 100 g de amostra fresca para a polpa e casca da espécie (SS) da safra de 2012. Hadi (2006) encontrou um conteúdo de fibra bruta de 10,1 g / 100 g, porém para amostras secas de pitaya.

A casca (SS) e o mesocarpo (HU) apresentaram valores de fibra bruta (SS = 19,7 g / 100 g; HU = 7 g / 100 g) mais elevados que os valores encontrados nas polpas das duas espécies (SS = 12,4 g / 100 g; HU = 4,85 g / 100 g) na safra de 2012.

A maior relação (FI / FS) foi: polpa (HU = 5,9/1,0; SS = 10,8/1,0) mesocarpo (HU = 4,4/1,0) e casca (SS = 1,6/1,0). Jamilah et al. (2011) encontraram para a fração casca + mesocarpo da pitaya uma relação FI / FS de 3,8 / 1,0. De acordo com Horn (1997), a relação recomendada de FI / FS em alimentos é de 3,0 / 1,0. Sendo assim, a polpa das duas espécies analisadas (HU e SS) e o mesocarpo da espécie (HU) apresentam uma boa relação FI / FS, indicando a presença de fibra alimentar com bom efeito fisiológico.

A espécie pitaya é uma fruta com baixo conteúdo de vitamina C (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). Os maiores valores foram encontrados no mesocarpo da pitaya da espécie (HU) de 7,62 e 7,04 mg / 100 g para as safras de 2011 e 2012, respectivamente. Em geral, a pitaya da espécie (HU) apresentou médias maiores de vitamina C do que a espécie (SS). Embora sejam baixos, esses níveis de vitamina C estão na mesma faixa de valores de outras frutas, tais como maçã (6 mg / 100 g) e ameixa (3 mg / 100 g) (NUR 'ALIAA; SITI MAZLINA; TAIP, 2011).

Nur 'Aliaa, Slti Mazlina e Taip (2010) encontraram níveis de 2,05 mg / 100 g de vitamina C na polpa da pitaya sem semente, já Beltrán–Orozco *et al.* (2009) encontraram 14,56 mg / 100 g de pitaya fresca com semente e Choo e Yong (2001) encontraram 31,05 mg / 100 g na polpa da pitaya fresca com semente e 11,56 mg / 100 g de amostras de polpa da pitaya fresca com semente e com casca. Essa discordância de resultados pode estar relacionada tanto com a preparação da amostra quanto com o método utilizado e seu respectivo limite de detecção.

A acidez da casca e mesocarpo foi maior do que da polpa de todas as espécies e safras analisadas. A amostra com maior acidez (0,39 mg de ácido málico / 100 g ) foi a casca da pitaya (SS) na safra de 2012. As polpas das duas espécies apresentaram baixos níveis de acidez sendo HU = 0,10 e 0,18 mg de ácido málico / 100 g e SS = 0,11 e 0,08 mg de ácido málico / 100 g para as safras de 2011 e 2012, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com Stintzing, Schieber e Carle (2003), que relataram que a polpa da pitaya apresenta baixos níveis de acidez.

A acidez titulável em muitos frutos é utilizada como critério para a classificação dos mesmos quanto ao sabor, juntamente com os teores de sólidos solúveis, sendo, portanto, um importante fator de qualidade. A acidez total decresce com o amadurecimento dos frutos em decorrência do processo respiratório e da utilização de ácidos orgânicos, como substratos nas reações metabólicas (BRUNINI; CARDOSO, 2011)

A baixa acidez da pitaya resulta em uma alta relação açúcar / ácido, a qual é conhecida ser harmônica entre 10 / 1,0 a 18 / 1,0, é um parâmetro importante para caracterizar as frutas sensorialmente. Porém segundo Stintzing, Schieber e Carle (2003), a polpa da pitaya apresenta uma relação açúcar/ácido de 20 / 1,0. Além disso, a baixa acidez e o alto conteúdo de sólidos solúveis fazem-na muito atrativa para o crescimento de micro-organismos.

Todas as amostras analisadas apresentaram conteúdo de sólidos solúveis elevado, sendo a polpa da pitaya (HU) da safra de 2011 a amostra com maior valor (15,23 °Brix) e o mesocarpo dessa mesma espécie e safra a amostra com menor valor (7,15 °Brix). Chitarra e Chitarra (2005) reportaram que as frutas, no geral, quando maduras apresentam valores médios de sólidos solúveis entre 8 % e 14 %. Junqueira *et al.* (2002) encontraram valores de sólidos solúveis para a polpa da pitaya variando entre 13 a 15 °Brix. Porém, outros autores encontraram níveis mais baixos de sólidos solúveis para amostras de polpa de pitaya. Stintzing, Schieber e

Carle (2003) encontraram 9,4 °Brix, Nur 'Aliaaet al. (2010) 11,1 °Brix e Fernandes et al. (2010) 11,33 °Brix.

Alguns autores relataram ainda que a distribuição de sólidos solúveis na polpa da fruta não é homogênea (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006), o centro é a região com maior conteúdo (17 a 19 °Brix) e as partes periféricas apresentam o menor (12 a 15 °Brix) (WU; CHEN, 1997).

A pitaya é uma fruta com pH próximo à neutralidade, os valores encontrados para as amostras analisadas foram em torno de 5,0, sendo a maior média de 5,6 para a polpa da pitaya (HU) na safra de 2011 e a menor média de 4,83 para o mesocarpo da pitaya (HU) na safra de 2012. Esses resultados estão de acordo com Fernandes et al. (2010) e Stintzing, Schieber e Carle (2003), que reportaram que a polpa da pitaya apresenta pH de 4,82 e 4,6, respectivamente.

As análises de acidez titulável, sólidos solúveis e Brix da amostra de casca da espécie (SS) na safra de 2011 não foram concluídas devido à escassez de amostra e à necessidade de repetições das demais análises realizadas.

### 5.3 CONTEÚDO DE FENÓLICOS TOTAIS

Os resultados do conteúdo de fenólicos totais da pitaya (HU e SS) da safra de 2011 estão apresentados na TABELA 5.

TABELA 5 – CONTEÚDO DE FENÓLICOS TOTAIS DA PITAYA DAS ESPÉCIES *Hylocereus undatus* E *Selenicereus setaceus*

Fenólicos totais (mg EAG / 100 g)	Pitaya			
	<i>Hylocereus undatus</i>		<i>Selenicereus setaceus</i>	
	Polpa	Mesocarpo	Polpa	Casca
	52,13 ± 4,16	40,68 ± 4,64	51,84 ± 1,32	46,82 ± 4,39

Resultados em média ± DP de três repetições

As amostras de pitaya apresentaram maior conteúdo de fenólicos totais na polpa (HU = 52,13 mg EAG / 100 g; SS = 51,84 mg EAG / 100 g) do que no mesocarpo (HU = 40,68 mg EAG / 100 g) e casca (SS= 46,82 mg EAG / 100 g) (TABELA 5). Choo e Yong (2001) também encontraram maior conteúdo de fenólicos totais nas amostras de polpa (28,65 mg EAG / 100 g) do que nas de polpa + casca

(20,14 mg EAG / 100 g) da pitaya da espécie (HU), porém em níveis menores que os detectados neste estudo.

Chet (2009) encontrou conteúdo de fenólicos totais de 3,32 mg EAG / 100 g na casca da pitaya e Fu *et al.* (2011) encontraram 27,52 mg EAG / 100 g na polpa. Já Muñoz *et al.* (2002) encontraram 1203,6 mg EAG / 100 g porém de amostra de pitaya seca.

Os níveis detectados de fenólicos totais na pitaya são consideravelmente altos quando comparados com outras frutas, tais como: banana - 11 mg EAG / 100 g; abacaxi - 15 mg EAG / 100 g; mamão - 26 mg EAG / 100 g e baixos quando comparados com cereja 670 mg EAG / 100 g e mirtilo 318 mg EAG / 100 g (LAKO *et al.*, 2007).

O conteúdo de fenólicos totais detectados no mesocarpo (HU = 40,68 mg EAG / 100 g) e casca (SS = 46,82 mg EAG / 100 g) da pitaya pode ser atribuído também a presença das betalaínas devido à estrutura fenólica dessa molécula (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008). Já os fenólicos encontrados na polpa (HU = 52,13 mg EAG / 100 g; SS = 51,84 mg EAG / 100 g) podem ser atribuídos à presença dos flavonoides (VAILLANT *et al.*, 2005).

Os componentes fenólicos são a principal classe dos antioxidantes naturais presentes nas plantas (LI-CHEN *et al.*, 2006). Além de suas propriedades antioxidantes que auxiliam na proteção das doenças cardiovasculares e certos cânceres (NUR 'ALIAA; SITI MAZLINA; TAIP, 2011), esses compostos contribuem também para a qualidade sensorial das frutas (cor, adstringência e amargor).

#### 5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante de frutas é determinada pela presença de diferentes antioxidantes nessas matrizes com diferentes mecanismos de ação, porém, pode haver interação sinérgica entre os compostos, fazendo-se necessário combinar mais de um método para determinar a atividade antioxidante (HUANG; OU; PRIOR, 2005; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURO-CALIXTO, 2006).

Quanto ao mecanismo dos métodos utilizados neste trabalho, o FRAP mede a capacidade de redução de metais enquanto o DPPH mede a capacidade dos antioxidantes presentes no extrato em sequestrar o radical estável DPPH.

Os resultados da atividade antioxidante da pitaya (HU e SS) da safra de 2011 estão apresentados na TABELA 6.

Todas as amostras apresentaram maior atividade antioxidante quando analisadas pelo método DPPH que quando analisadas pelo método FRAP (TABELA 6). As polpas (HU = 192,45  $\mu$ mol equivalente a ácido ascórbico / 100 g; SS = 190,33  $\mu$ mol equivalente a ácido ascórbico / 100 g) apresentaram maior atividade antioxidante do que o mesocarpo (HU = 177,14  $\mu$ mol equivalente a ácido ascórbico / 100 g) e casca (104,20  $\mu$ mol equivalente a ácido ascórbico / 100 g).

TABELA 6 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA PITAYA DAS ESPÉCIES *Hylocereus undatus* E *Selenicereus setaceus*

Atividade antioxidante	Pitaya			
	<i>Hylocereus undatus</i>		<i>Selenicereus setaceus</i>	
	Polpa	Mesocarpo	Polpa	Casca
<b>DPPH</b> ( $\mu$ mol equivalente a ácido ascórbico / 100 g)	192,45 $\pm$ 41,47	177,14 $\pm$ 19,88	190,33 $\pm$ 3,12	104,20 $\pm$ 4,36
<b>FRAP</b> ( $\mu$ mol equivalente a ácido ascórbico / 100 g)	115,26 $\pm$ 6,25	109,29 $\pm$ 6,56	108,27 $\pm$ 0,11	62,68 $\pm$ 2,34

Resultados em média  $\pm$  DP de três repetições

Muñoz *et al.* (2002) mostraram que a polpa da pitaya da espécie (HU) apresenta atividade antioxidante de 306,81  $\mu$ mol equivalente a ácido ascórbico / 100 g. E ainda, Choo e Yong (2001) reportaram que a pitaya da espécie (HU) apresenta maior atividade antioxidante do que outras espécies, como a *Hylocereus polyrhizus*

As amostras de polpa de ambas as espécies (HU) e (SS) apresentarem menor quantidade de vitamina C (TABELA 4), porém maior conteúdo de fenólicos totais do que as amostras de mesocarpo (HU) e casca (SS). Pode-se afirmar que os conteúdos de fenólicos totais e ácido ascórbico contribuem juntos para a atividade antioxidante dos alimentos (BELTRÁN-OROZCO *et al.*, 2009).

## 5.5 ANÁLISES REOLÓGICAS

O comportamento reológico dos fluidos alimentícios, como polpas e sucos de frutas, é um fator de grande importância no dimensionamento dos equipamentos da indústria de alimentos, além de constituir em um dos fatores de avaliação da qualidade do produto. O comportamento reológico desses materiais, cuja composição é constituída basicamente de água, além da presença de variados sólidos, solúveis e insolúveis, resulta da interação entre esses elementos que contribuem de forma isolada ou potencializada, quando combinados (QUEIROZ, 1998).

De acordo com Rao (1999), fixando-se pequenas deformações (*strain*) ou a tensão dentro da faixa de viscoelasticidade linear, três tipos de testes reológicos dinâmicos podem ser conduzidos para obter as propriedades viscoelásticas dos alimentos, que são: varredura da frequência, em que  $G'$  e  $G''$  são determinados em função da frequência a uma temperatura fixa; estudo da temperatura, no qual  $G'$  e  $G''$  são determinados em função da temperatura a uma dada frequência; variação de  $G'$  e  $G''$  em função do tempo a uma temperatura e frequência constantes.

No início das análises reológicas, o objetivo do estudo era avaliar o perfil reológico (curva de fluxo, varredura de tensão, varredura de frequência e rampa de temperatura) da polpa e mesocarpo (*in natura* e desidratada) da pitaya. Porém, após várias tentativas de obtenção de amostras homogêneas, observou-se que apenas a amostra da pitaya desidratada e posteriormente rehidratada e homogeneizada obteve resultados possíveis de avaliação no reômetro utilizado.

Com isso, não foi possível analisar reologicamente a polpa, porém Cardenas, Higuera-Ciapara e Goycoolea (1997) reportaram que a polpa da pitaya se comporta como um fluido não-Newtoniano com alta viscosidade aparente, assim como outros materiais mucilaginosos das frutas dos cactos. E ainda, Le Bellec, Vaillant e Imbert (2006) afirmaram que a pectina e a celulose não são os principais fatores responsáveis pelo comportamento reológico da polpa, pois a polpa da pitaya apresentou baixa concentração de pectina (5,3 %) em peso seco com alto grau de esterificação e apenas 32,3 % de ácido urônico (RAMIREZ-TRUQUEA; ESQUIVELA; CARLEB, 2011), sendo que o mínimo requerido de ácido galacturônico para as pectinas comerciais é de 65 % (FAO/WHO, 2007).



A pitaya apresenta alto conteúdo de mucilagens, característica das plantas que pertencem à família das Cactáceas (NOBEL; CAVELIER; ANDRADE, 1992). Essas substâncias estão distribuídas em partes diferentes da planta cladódios e fruta (casca, mesocarpo e polpa). A mucilagem é uma substância de aspecto viscoso, constituída por grupos de polissacarídeos complexos com grande capacidade de absorver água, e que pode ser considerado como uma fonte potencial de hidrocoloide. As mucilagens contêm variada proporção de L – arabinose, D – galactose, L – ramnose e D – xilose, assim como ácido galacturônico (SAENZ; SEPULVEDA; MATSUHIRO, 2004).

Pela curva de fluxo (FIGURA 9), foi possível observar que a amostra do mesocarpo da pitaya (HU) apresentou um comportamento não – Newtoniano, devido a não linearidade entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento, indicando decréscimo na viscosidade aparente e um comportamento pseudoplástico.

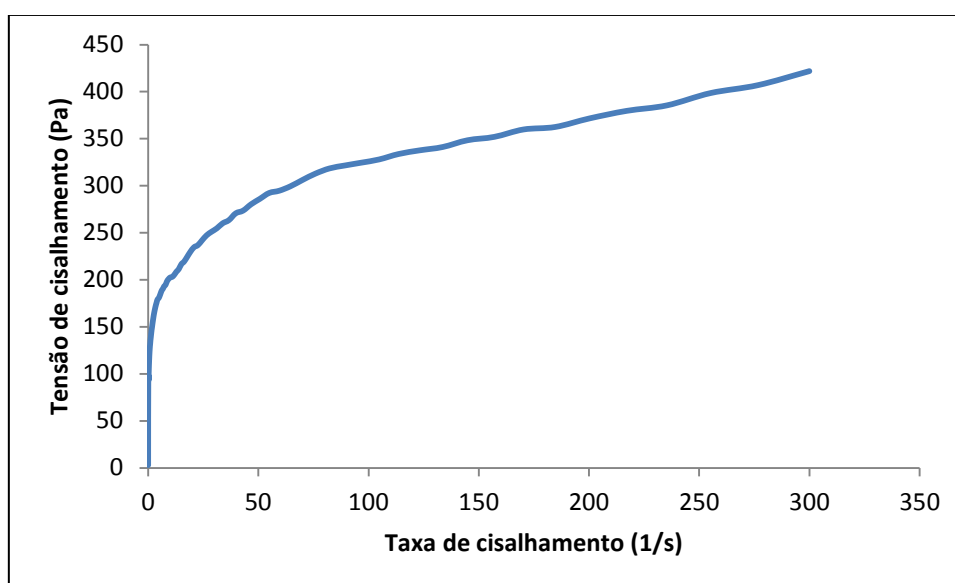


FIGURA 9 - CURVA DE FLUXO DO MESOCARPO DA PITAYA

Os líquidos pseudoplásticos apresentam diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento, que depende principalmente da orientação / alinhamento de moléculas ou partículas na direção do fluxo, superando o movimento Browniano de moléculas. Em taxas de cisalhamento muito baixas, o movimento Browniano das moléculas mantêm-nas em uma ordem interna irregular, sem alteração significativa da estrutura tridimensional, apesar dos efeitos iniciais da orientação de cisalhamento. Desse modo, o líquido apresenta um comportamento

semelhante ao dos líquidos Newtonianos, com a viscosidade independente da taxa de cisalhamento. Quando o cisalhamento excede o efeito aleatório do movimento Browniano, a viscosidade cai drasticamente pela indução do alinhamento das moléculas na direção do fluxo. Em taxas de cisalhamento extremamente altas, a viscosidade se aproxima a um nível finito constante. Taxas de cisalhamento ainda maiores não são mais capazes de reduzir a viscosidade, pois o ótimo da orientação / alinhamento das moléculas foi alcançado. Esse alinhamento se perde quando o cisalhamento diminui ou é interrompido (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989; SCHRAMM, 2006).

Os resultados obtidos com as curvas de fluxo foram ajustados pela Lei da Potência (Ostwald-De-Waele), sendo: índice de consistência ( $k$ ) =  $148,39 \pm 1,17$ ; índice de comportamento de fluxo ( $n$ ) =  $0,17 \pm 0,02$  e  $R^2 = 0,99$ . Esses valores confirmaram que as curvas de fluxo são características de fluidos pseudoplásticos, pois a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento e o valor de ( $n$ ) foi menor que 1 ( $n = 0,17$ ), com um bom coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,99$ ).

As varreduras de tensão foram realizadas a 1 Hz e confirmadas a 10 Hz para obtenção da região viscoelástica linear, da qual foi determinada a tensão de 1 Pa para realização das varreduras de frequência.

As amostras tiveram durante toda a varredura de frequência (FIGURA 10) valores de  $G'$  (módulo elástico) superiores aos valores de  $G''$  (módulo viscoso), indicando que o mesocarpo de pitaya apresenta características de um sólido, em toda a faixa de frequência analisada. Esse comportamento é característico de um gel forte.

As amostras foram submetidas a variações de temperatura, de 1 a 95 °C, iniciando com aquecimento, seguido de resfriamento. Observa-se que o aquecimento seguido de resfriamento não causou modificações marcantes da textura do gel, pois durante toda a faixa de temperatura analisada o módulo elástico ( $G'$ ) permaneceu superior ao módulo viscoso ( $G''$ ) (FIGURA 11), ou seja, a amostra permaneceu com caráter sólido tanto no aquecimento quanto no resfriamento, com aumento da viscosidade durante o resfriamento.

A temperatura é um dos fatores que mais afeta a viscosidade das polpas de frutas, visto que a maioria destas se apresenta na forma de sólidos dispersos em meios líquidos. Um aumento da temperatura neste caso faz com que a viscosidade

da fase líquida diminua, aumentando o movimento das partículas em suspensão, causando um decréscimo na viscosidade (PELEGRINE, 2000).

Hassan e Hobani (1998) relatam que com o aumento da temperatura, a energia térmica e as distâncias moleculares aumentam devido à redução das forças intermoleculares, pois associado ao aumento da temperatura, tem-se um aumento na tensão de cisalhamento, o que faz com que as partículas se reorganizem em direções paralelas, ocorrendo a quebra em partículas menores. Deste modo as mesmas podem escoar mais facilmente, como um resultado da diminuição da interação partícula-partícula, a qual resulta na diminuição da viscosidade (PILETTI, 2011)

Com isso, pode-se afirmar que a casca da pitaya apresentou um comportamento reológico de gel forte com predomínio do caráter sólido e termoestável nas condições de frequência, tensão e temperatura analisadas.

Portanto, o mesocarpo da pitaya pode ser aplicado, não apenas como corante, mas também como agente de textura em alimentos, apresentando características de um gel forte com resistência ao tratamento térmico.

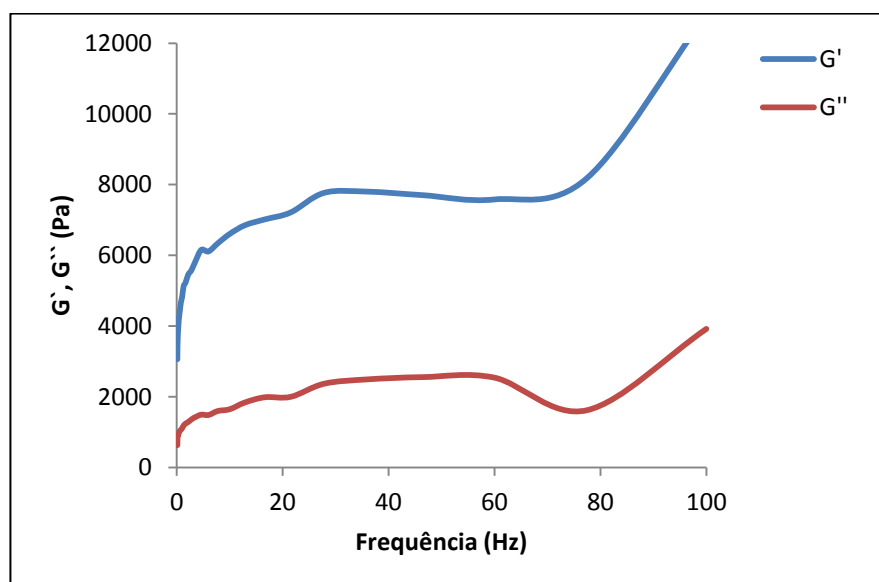


FIGURA 10 – EFEITO DA FREQUÊNCIA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO ( $G'$ ) E PERDA ( $G''$ ) DO MESOCARPO DA PITAYA

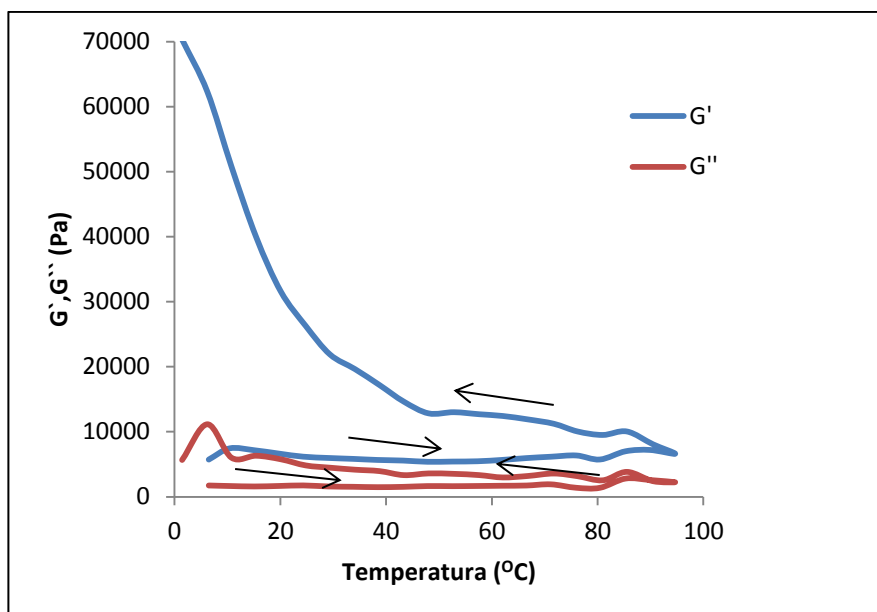


FIGURA 11 - EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE OS MÓDULOS DE ARMAZENAMENTO ( $G'$ ) E PERDA ( $G''$ ) DO MESOCARPO DA PITAYA

## 5.6 QUANTIFICAÇÃO DAS BETALAÍNAS

Devido à falta de materiais de referência comercialmente disponíveis e à labilidade dos componentes, as betacianinas são usualmente quantificadas em espectrofotômetro UV – Visível com absorvância ( $\lambda_{\max}$ ) de 536 nm, usando os coeficientes de excitação molar ( $\epsilon$ ) da betanina para representar as betacianinas (NILSSON, 1970; AZEREDO, 2009).

A amostra do mesocarpo desidratada foi submetida à análise de varredura (200 a 780 nm) em espectrofotômetro UV – Vis. A leitura da absorvância a 536 nm (referente à betanina) foi de  $\lambda=1,11$  (FIGURA 12).

O mesocarpo da pitaya apresentou 101,04 mg de equivalentes à betanina / 100 g de amostra seca, que foram quantificadas através da Lei de Beer-Lambert-Bouguer modificada por Tang e Norziah (2007) (item 4.2.7).

Tang e Norziah (2007) encontraram na casca da pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus* (pitaya roxa) uma concentração de betacianinas expressas em equivalente de betanina de 6,7 mg / 100 g, porém de amostra fresca.

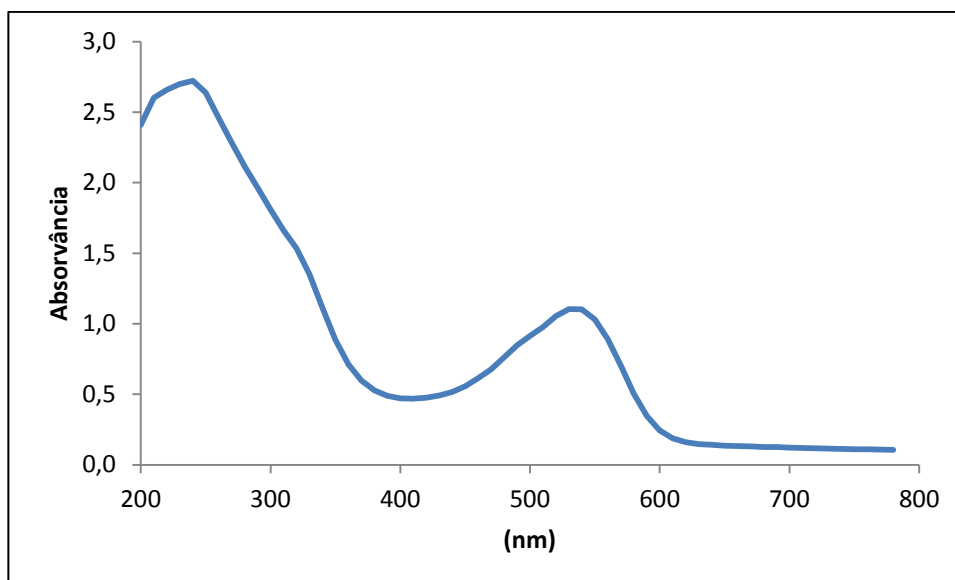


FIGURA 12 – ESPECTRO DE VARREDURA DO EXTRATO DO MESOCARPO DA PITAYA

Segundo Zhijian e Xin (2003), a casca da pitaya pode ser utilizada para a extração de pigmentos, pois as betacianinas estão presentes em quantidades consideráveis nessa fruta. E ainda, estes compostos podem ser facilmente extraídos com água, mantendo grande estabilidade do pigmento (AZEREDO, 2009).

O conteúdo de betacianina da beterraba vermelha, que é atualmente a principal fonte de extração do pigmento, varia de 0,04 a 0,21 % dependendo do cultivar (VON ELBE, 1975), embora algumas variedades novas possam apresentar conteúdos de betalainas mais altos (PSZCZOLA, 1998; GAERTNER; GOLDMAN, 2005).

Comercialmente, os corantes da beterraba estão disponíveis como sucos concentrados (produzidos por concentração a vácuo do suco de beterraba para 60 % a 65 % de sólidos) ou pós (produzidos por liofilização ou secagem por *spray dryer*) contendo de 0,3 % até 1 % do pigmento (CEREZAL; PINO; SALABARRIA, 1994; CEREZAL; NUNEZ, 1996). A concentração do pigmento na amostra analisada foi de 0,1 % de betalaína na amostra seca, sendo inferior ao comercializado. Porém, deve-se levar em consideração que a amostra de pitaya foi desidratada em estufa com circulação de ar enquanto o pigmento da beterraba relatado foi desidratado por *spray dryer*, o que pode auxiliar no aumento da concentração do pigmento pela redução mais eficaz da percentagem de água no material desidratado.

Contudo, o mesocarpo da pitaya apresentou alta concentração de betacianinas, que podem ser extraídas em meio aquoso e utilizadas como corante natural em alimentos.

## 5.7 ESTABILIDADE DAS BETALAÍNAS

As betalaínas da pitaya foram estáveis na faixa de pH de 3,2 a 7,0, sendo que a maior degradação foi observada no pH 2,4 seguida do pH 8,0, ou seja nas condições extremas ácidas e básicas analisadas, respectivamente (FIGURA 13). A faixa de estabilidade encontrada está de acordo com estudos realizados por Stintzing, Schieber e Carle (2003) e Tang e Norziah (2007), que relataram que a cor das betacianinas da pitaya foi notadamente estável na faixa de pH de 3,0 a 7,0. Já Di Genova *et al.* (2009) observaram que as betalaínas mostraram-se mais estáveis em meios com pH entre 5,0 e 8,0.

Na FIGURA 13, é possível observar que o pico da betanina em 536 nm é reduzido muito rapidamente em meios ácidos (pH = 2,4) e fracamente alcalinos (pH = 7,5 e 8,0). E ainda, observa-se que em meio ácido (pH = 2,4), a banda característica da betanina em 536 nm é reduzida sem o surgimento de outra banda na região monitorada. Porém, em meio alcalino (pH 8,0), observa-se o aumento da absorbância em 424 nm, característica da presença do ácido betalâmico.

A máxima absorção foi detectada em pH 7,0 seguida do pH 4,5. Porém, Huang e Von Elbe (1986, 1987), Castellar *et al.* (2003) e Vaillant *et al.* (2005) encontraram a máxima absorção das betalaínas nos pHs entre 5,0 e 6,0. Já Stintzing *et al.* (2004c) relataram que a maior estabilidade da cor das betalaínas da pitaya é em pH 5,0.

A característica de estabilidade em pH baixo, porém maior do que 3,0, permite que as betalaínas da pitaya sejam utilizadas como pigmento em alimentos de baixa acidez (HUANG; VON ELBE, 1985, 1986; CASTELLAR *et al.*, 2003; VAILLANT *et al.*, 2005).

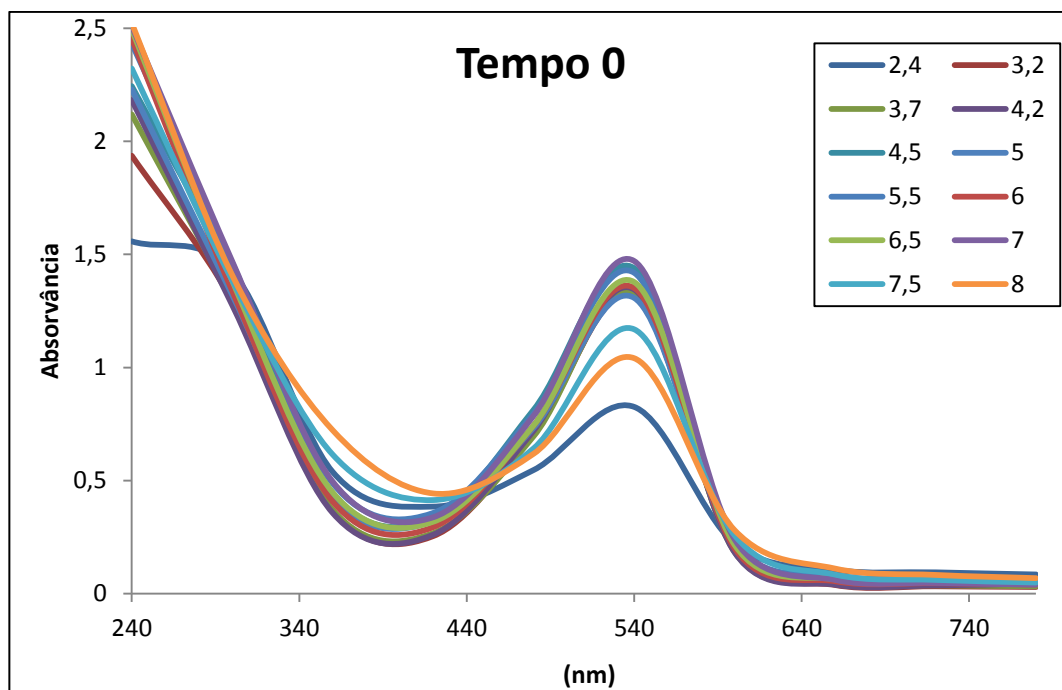


FIGURA 13 - ESPECTRO DE ABSORÇÃO DAS BETALAÍNAS EM DIFERENTES pHs SEM TRATAMENTO TÉRMICO

As betalaínas foram degradadas ao longo do tempo de exposição à temperatura de 100 °C, ou seja, quanto maior o tempo de exposição maior a degradação sofrida pelo pigmento, seguindo uma cinética de reação de primeira ordem, como relatada por Saguy (1979) e Herbach, Stintzing e Carle (2004b). O pico de absorção em 536 nm foi reduzido ao longo do tempo de aquecimento, sendo que após 30 minutos não pode mais ser observado (FIGURA 14).

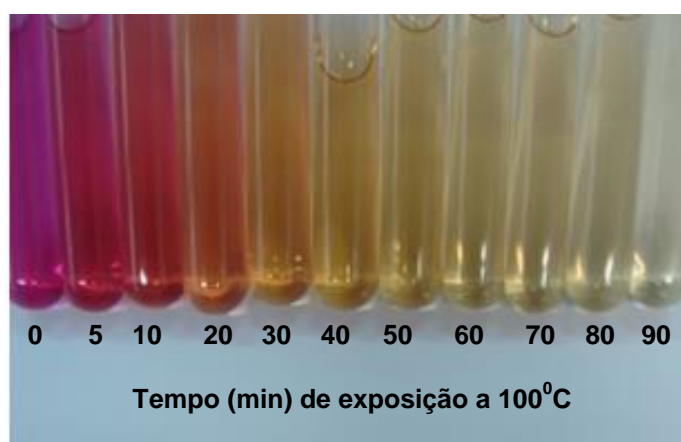


FIGURA 14 – DEGRADAÇÃO DA COR DAS BETACIANINAS DA PITAYA COM O TEMPO DE EXPOSIÇÃO A 100°C EM pH 5,0

FONTE: O AUTOR

Após cinco minutos de aquecimento, é possível observar que houve um deslocamento do pH máximo de absorção de 7,0 para 5,0, com uma redução de 39,5 % de retenção do pigmento. Havlikova, Mikova e Kyzlink (1983) reportaram que a alta temperatura deslocou o pH ótimo da estabilidade das betacianinas até 6,0.

O aquecimento provoca a degradação das betalaínas por isomerização, decarboxilação ou clivagem, resultando em uma redução gradual da cor vermelha e eventualmente o aparecimento de cor marrom clara (HUANG; VON ELBE, 1986; DRDAK; VALLOVA, 1990; HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006a). A clivagem da betanina e isobetanina, a qual pode ser também induzida por bases (SCHWARTZ; VON ELBE, 1983; SCHLIEMANN; KOBAYASHI; STRACK, 1999), gera o ácido betalâmico amarelo brilhante e o ciclo-Dopa-5-O-glicosídeo incolor.

Com o tempo de aquecimento, a redução do pico de absorção em 536 nm característico das betacianinas foi acompanhada de um aumento do pico de absorção em 424 nm, característico do ácido betalâmico, com a degradação da cor rosa das betacianinas e aparecimento da cor amarela do ácido betalâmico (FIGURAS 14 e 15). Herbach; Stintzing e Carle (2006b) relataram que a degradação das betacianinas é geralmente acompanhada por mudança marcante na cor resultante da formação de produtos de degradação amarelos, tais como ácido betalâmico (424 nm) e betaxantinas (460-480 nm).

Wybraniec (2005) e Wybraniec e Mizrahi (2005) observaram que em tratamento térmico prolongado, uma grande diversidade de produtos da degradação das betacianinas pode surgir pela múltipla decarboxilação ou pela combinação das reações de decarboxilação e desidrogenação, respectivamente.



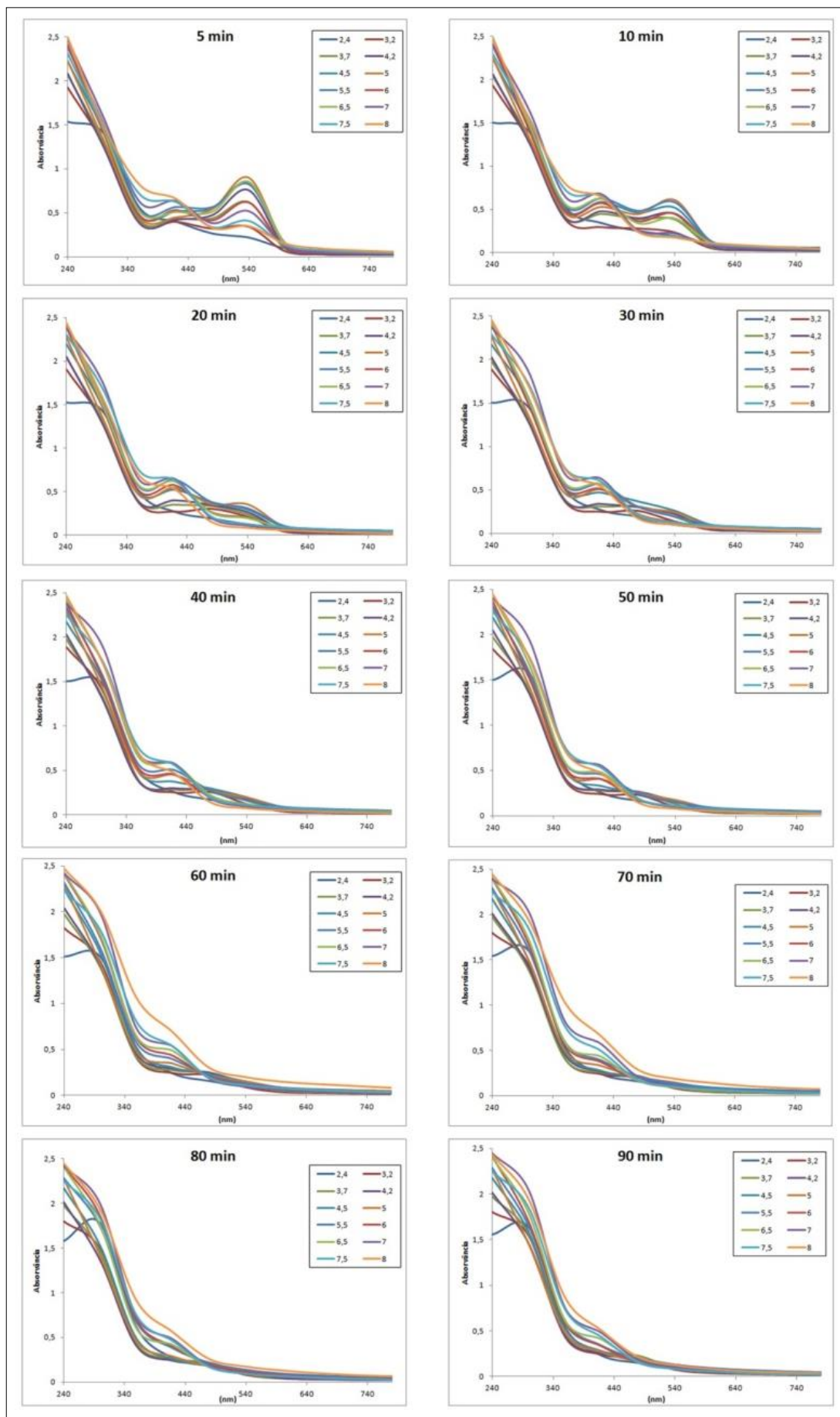


FIGURA 15 - ESPECTROS DE ABSORÇÃO DAS BETALAÍNAS EM DIFERENTES PHs E TEMPOS DE EXPOSIÇÃO À TEMPERATURA DE 100°C

As leituras colorimétricas (parâmetros L\*, a\* e b\*) estão apresentadas na TABELA 7.

TABELA 7 – PARÂMETROS L\*, a\* E b\* DAS BETALAÍNAS DO MESOCARPO DA PITAYA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE pH E TEMPO DE AQUECIMENTO

Tempo (mm)	Parâmetros	Ph											
		2,4	3,2	3,7	4,2	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
0	L*	28,54	26,44	26,93	27,02	26,61	26,66	26,25	26,61	26,42	25,73	26,01	25,88
	a*	20,81	25,22	25,69	25,69	22,93	24,46	24,12	24,01	23,98	23,39	20,81	20,38
	b*	2,38	2,92	3,11	3,47	3,96	3,64	3,82	3,22	3,18	3,19	1,91	0,98
5	L*	37,06	33,33	29,15	28,23	28,74	28,21	28,57	29,93	28,47	30,36	32,24	33,17
	a*	7,78	16,32	21,40	22,79	21,23	22,91	21,79	19,22	21,92	16,71	12,69	9,07
	b*	8,90	10,32	8,64	7,61	7,83	6,55	8,61	8,34	6,40	9,12	8,64	9,00
10	L*	38,18	35,58	33,41	32,12	31,49	30,31	30,66	32,10	32,86	36,18	37,48	37,58
	a*	6,06	12,40	16,05	17,64	16,71	19,63	18,51	15,74	13,52	5,56	2,20	0,23
	b*	9,18	11,79	12,73	11,71	11,34	9,52	11,08	10,54	10,87	13,87	13,44	12,95
20	L*	40,37	36,84	36,48	35,24	35,32	33,81	35,01	37,00	37,45	39,46	39,34	38,25
	a*	1,47	10,17	10,17	11,21	9,14	12,65	9,34	5,02	3,84	-1,60	-1,89	-1,87
	b*	9,07	12,68	14,53	14,86	14,62	13,13	15,29	15,05	14,93	16,44	15,04	13,49
30	L*	40,23	39,20	37,73	36,42	36,11	36,33	38,17	39,38	39,63	39,92	39,44	38,23
	a*	1,35	5,39	7,68	9,09	7,54	7,25	2,90	0,04	-0,52	-2,20	-2,00	-1,68
	b*	9,60	14,09	14,92	14,12	14,91	14,75	16,39	15,61	16,09	16,56	14,54	12,95
40	L*	40,24	39,40	38,52	37,09	37,39	37,79	38,86	40,20	39,90	39,99	39,29	38,27
	a*	0,34	4,26	5,89	7,27	5,29	4,42	1,20	-1,06	-1,44	-2,04	-1,81	-1,48
	b*	8,84	14,95	14,85	14,13	13,69	15,16	15,60	14,74	16,26	15,45	14,00	12,16
50	L*	40,35	40,26	39,45	38,33	38,28	38,55	39,58	40,49	40,48	40,10	39,40	38,04
	a*	0,05	2,53	3,60	5,13	3,62	3,48	0,27	-1,46	-1,88	-1,86	-1,65	-1,25
	b*	8,94	14,23	15,18	13,72	11,97	14,09	14,31	13,29	14,71	14,98	13,43	11,84
60	L*	40,37	40,45	39,86	39,03	38,52	39,64	39,87	40,12	40,18	39,90	38,67	37,46
	a*	0,00	1,64	2,13	2,99	2,81	2,04	-0,20	-1,08	-1,67	-1,57	-1,23	-0,82
	b*	8,26	14,78	14,93	13,69	11,24	11,93	12,77	13,59	14,43	14,61	13,30	12,59
70	L*	40,41	40,73	40,18	39,42	38,73	39,59	39,94	40,28	40,24	39,34	38,67	37,90
	a*	0,01	0,54	1,21	1,57	2,15	2,08	-0,19	-1,11	-1,58	-1,07	-1,15	-0,86
	b*	8,74	13,64	14,61	12,09	10,20	11,14	11,82	12,43	13,71	15,02	12,93	12,31
80	L*	39,98	40,56	40,78	39,47	38,90	39,95	39,94	40,03	40,16	39,84	38,64	38,01
	a*	0,10	0,24	0,54	1,98	1,22	1,53	-0,25	-0,71	-1,45	-1,30	-1,01	-0,73
	b*	9,16	13,44	14,70	12,86	9,23	9,61	10,91	12,22	13,33	13,97	12,41	11,88
90	L*	40,25	40,68	40,68	39,60	39,51	39,99	40,11	40,64	39,50	39,57	38,68	37,90
	a*	-0,03	0,14	0,28	0,99	0,99	0,95	-0,50	-0,85	-1,12	-1,02	-0,96	-0,60
	b*	8,18	13,78	14,85	12,72	8,86	8,31	10,05	10,89	12,87	13,81	12,41	11,92

Resultados em média de três repetições

Com o tempo de aquecimento, as amostras apresentaram aumento do parâmetro L\* (luminosidade da cor), redução dos valores do parâmetro a\* (variação entre vermelho e verde) e aumento do parâmetro b\* (variação entre azul e amarelo), para todos os pHs analisados. Esse comportamento representa que com o aumento do tempo de aquecimento, a cor rosa característica da betacianinas foi degradada para diferentes tons de amarelo, característicos das betaxantinas e do ácido betalâmico.

Em condições de pH baixo (2,4) e básico (8,0), o tempo de aquecimento de cinco minutos foi suficiente para degradar a coloração das betacianinas. Em pH 5,0, observa-se maior estabilidade do parâmetro a\* até 10 minutos de aquecimento (FIGURAS 16 e 17).

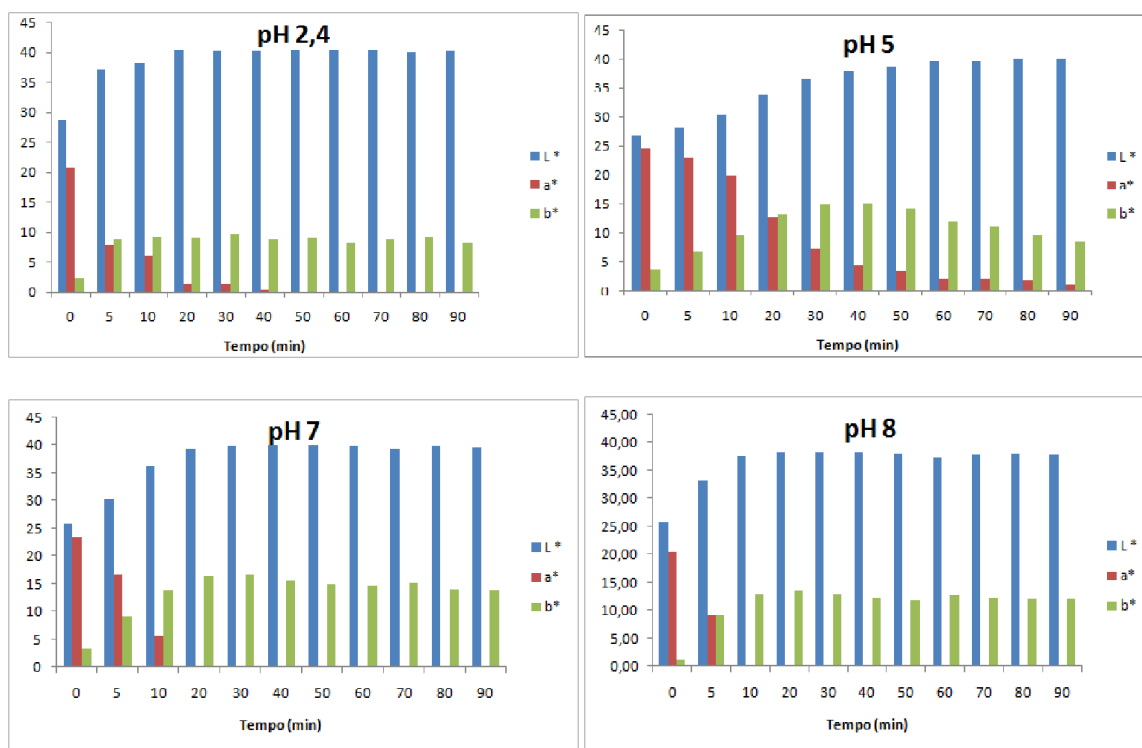


FIGURA 16 – ANÁLISE COLORIMÉTRICA (PARÂMETROS (L\*,a\*, b\*)) DO MESOCARPO DA PITAYA SUBMETIDO A DIVERSAS CONDIÇÕES DE pH E TEMPO DE AQUECIMENTO

Em dez minutos de aquecimento, a cor das betacianinas permaneceu estável na faixa de pH de 3,7 a 5,5 (FIGURA 17). Após esse período, a cor das betacianinas foi degradada para alaranjada e após 30 minutos para amarelo.

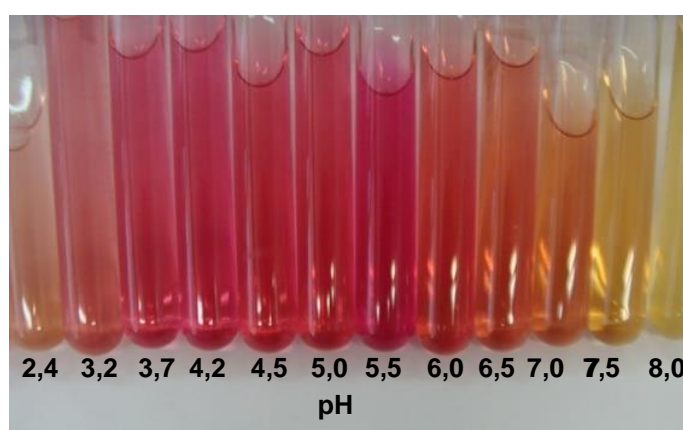


FIGURA 17 – DEGRADAÇÃO DA COR DAS BETACIANINAS DA PITAYA EM DIFERENTES pHs E COM DEZ MINUTOS DE EXPOSIÇÃO A 100°C  
FONTE: O AUTOR

Embora a energia de ativação para a degradação das betacianinas diminua com o pH, não prejudica a aplicação do pigmento para a maioria dos alimentos, desde que o tratamento térmico seja moderado. Como um exemplo, Vaillant et al. (2005) observaram que as perdas de betacianinas em suco de pitaya acidificado para pH 4 foi menor do que 10 % durante a pasteurização a 80 °C por cinco minutos.

Contudo, as betacianinas da pitaya apresentaram boa estabilidade em uma ampla faixa de pH (3,0 a 7,0) e resistência ao aquecimento de até dez minutos a 100 °C, na faixa de pH de 3,7 a 5,5.

As condições do processo ou a adição de outros aditivos podem auxiliar na estabilidade da cor das betalaínas. Estudos realizados com suco de pitaya mostraram que as betacianinas podem ser estabilizadas pela adição de ácido ascórbico, isoascórbico e cítrico. (HERBACH *et al.*, 2006). A adição de ácido ascórbico na concentração máxima de 0,7 % pode aumentar a estabilidade dos pigmentos contra a ação prejudicial do pH, temperatura e íons, acima dessa concentração atua como pró-oxidante (MAZZA; MINIATI, 1993).

## 5.8 RENDIMENTO E APLICAÇÃO DO MESOCARPO COMO CORANTE NATURAL EM ALIMENTOS

O mesocarpo da pitaya desidratado apresentou cor estável. Após a trituração e padronização a 100 mesh, o mesocarpo reduziu-se a um pó homogêneo, fino, solúvel e de coloração atrativa (FIGURA 18).

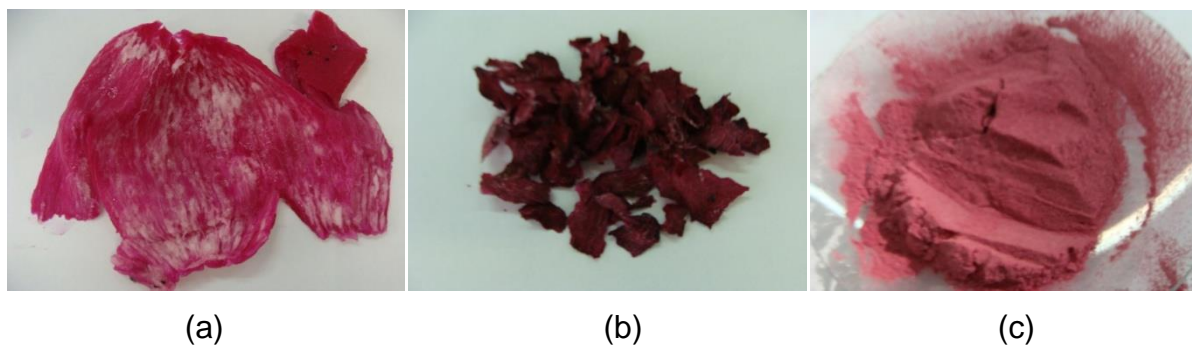


FIGURA 18 - MESOCARPO DA PITAYA (a) *IN NATURA*; (b) DESIDRATADO; (c) TRITURADO E PADRONIZADO A 100 mesh  
 FONTE: O AUTOR

O mesocarpo da pitaya desidratado apresentou um rendimento de 10,5 %. Ou seja, partindo do princípio que 10 % do peso da pitaya corresponde ao mesocarpo, pode-se estimar que uma fruta com peso médio de 560 g apresente um rendimento de corante de 6 g.

O corante da pitaya não apresentou boa estabilidade de cor, nas condições em que o experimento foi conduzido, em gelatina (FIGURA 19) para todas as concentrações analisadas (0,5 %; 1 %; 1,5 %; 2 %; 2,5 %; 3 %; 3,5 %; 4 %; 4,5 %; e 5 %). Esse comportamento pode ser explicado pela temperatura (100 °C) e pH do produto (5,8), conforme discutido no item 5.7.

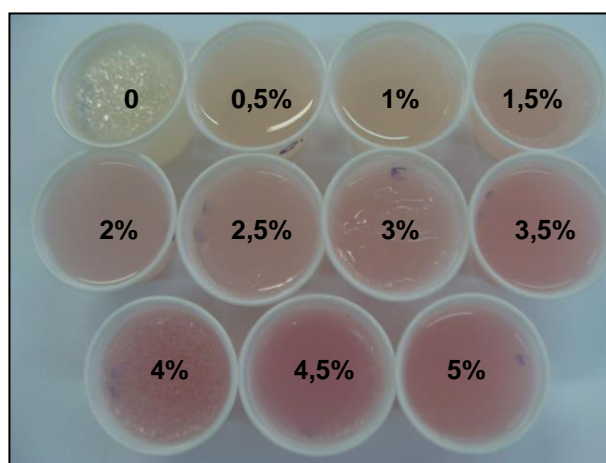


FIGURA 19 – APLICAÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DO CORANTE DO MESOCARPO DA PITAYA EM GELATINA  
 FONTE: O AUTOR

Quando o corante da pitaya foi aplicado em iogurte natural (FIGURA 20), foi observada boa estabilidade da cor a partir de 0,5 % de concentração. Além da cor,

foi observado que a adição do corante provocou aumento na viscosidade do iogurte, contribuindo desta forma para a textura do alimento. Essa alteração está atribuída à presença dos polissacarídeos de textura gelatinosa característicos das cactáceas, que apresentaram comportamento de gel forte durante as análises reológicas (item 5.5).

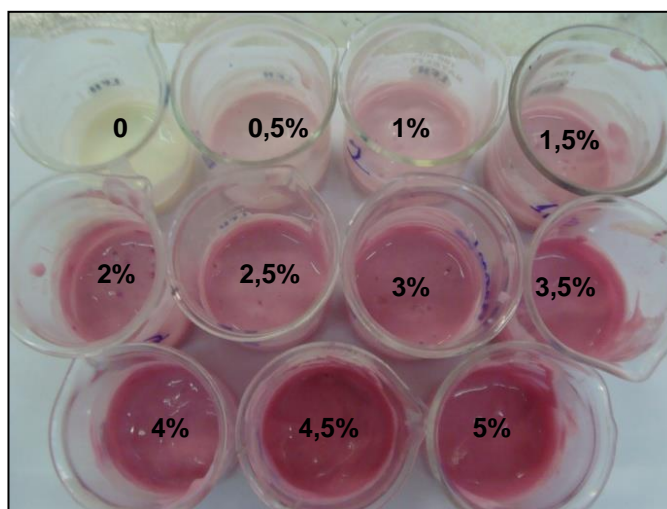


FIGURA 20 – APLICAÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE CORANTE DO MESOCARPO DA PITAYA EM IOGURTE  
FONTE: O AUTOR

A concentração do pigmento utilizado está de acordo com Delgado-Vargas, Jimenez e Paredes-Lopez (2000), que relataram que a concentração de betacianinas puras utilizada em alimentos é relativamente pequena, raramente excede 50 mg / kg de alimento calculado como betanina. Fazendo uma analogia desse parâmetro citado com o estudo aqui realizado, a concentração de 0,5 % de mesocarpo de pitaya desidratada equivale a 5,052 mg de betanina pura (item 5.6) por kg de alimento.

Pelas análises colorimétricas (FIGURA 21), foi possível observar que na gelatina houve maior degradação do pigmento, pois o parâmetro  $a^*$ , referente à cor vermelha, ficou em menores níveis comparativamente aos detectados no iogurte. Quanto maior a concentração do corante utilizado, maiores foram os valores de  $a^*$  para o iogurte, porém na gelatina os níveis foram reduzidos para todas as amostras. O parâmetro  $L^*$  foi reduzido com o aumento da concentração do corante, indicando que em altas concentrações ocorreu perda de brilho das amostras. O parâmetro  $b^*$  foi baixo para todas as amostras, e praticamente não detectado nas amostras de

iogurte, indicando a intensidade da cor vermelha do corante natural do mesocarpo da pitaya.

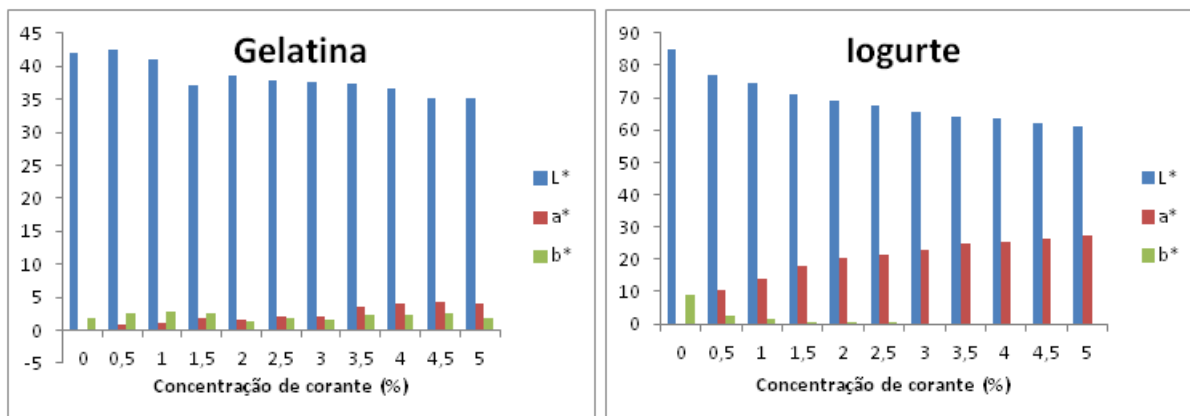


FIGURA 21 – ANÁLISES COLORIMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DE GELATINA E IOGURTE COLORIDOS COM O MESOCARPO DA PITAYA

O processo de desidratação do mesocarpo da pitaya auxilia na estabilidade do pigmento pela diminuição da atividade de água (KEARSLEY; KATSABOXAKIS, 1980; CAI; CORKE, 2000; CASTELLAR; OBON; FERNANDEZ-LOPEZ, 2006), que reduz a suscetibilidade do pigmento à clivagem da ligação aldimina, responsável pela formação de compostos de coloração amarelo (SAGUY et al., 1984; HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b) ou ainda reduz a mobilidade dos reagentes ou limita a solubilidade do oxigênio (DELGADO-VARGAS; JIMENEZ; PAREDES-LOPEZ, 2000).

Em um estudo da estabilidade de pigmentos encapsulados de beterraba, a maior degradação da betanina ocorreu em  $a_w = 0,64$  (SERRIS; BILIADERIS, 2001). Esse valor foi atribuído pelos autores à decrescente mobilidade dos reagentes em menores valores e dos efeitos de diluição em valores de atividade de água mais altos.

E ainda, Yusof *et al.* (2012) relataram que a pitaya desidratada em pó preserva uma porcentagem essencial de seus nutrientes. Por isso além de corante e agente de textura, o mesocarpo da pitaya desidratado pode ser considerado como um ingrediente funcional para alimentos com presença de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

## 6. CONCLUSÕES

A pitaya apresenta alto valor nutricional, devido principalmente à presença de fibras e a alta relação entre as fibras insolúveis e solúveis na polpa das espécies *Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus* e mesocarpo da espécie *Hylocereus undatus*.

A fruta possui compostos fenólicos e atividade antioxidante na polpa e mesocarpo da espécie *Hylocereus undatus* e também na polpa e casca da espécie *Selenicereus setaceus*, que é um cultivar nativo do Brasil.

O mesocarpo da pitaya da espécie *Hylocereus undatus* pode ser aplicada como um agente de textura em alimentos, pois apresentou comportamento reológico de gel forte, mantendo a estabilidade estrutural dos seus polissacarídeos inclusive em condições de aquecimento e resfriamento. Além disso, possui grande quantidade de betacianinas (101,04 mg de equivalente a betanina / 100 g), que além de possuírem efeito como corante natural, apresentam características antioxidantes.

As betacianinas presentes no mesocarpo da pitaya permaneceram estáveis em uma ampla faixa de pH (3,2 a 7,0) e foram resistentes ao aquecimento de até dez minutos a 100 °C, na faixa de pH de 3,7 a 5,5. Essa característica permite a aplicação do mesocarpo desidratado em alimentos de baixa acidez e que passem por tratamentos térmicos brandos, ou que sejam acondicionados após o aquecimento.

O mesocarpo da pitaya desidratado apresentou bom rendimento em peso, e baixas concentrações (0,5 %) foram suficientes para colorir iogurte natural e ainda auxiliar na textura do produto devido à presença de polissacarídeos com característica de gel.

O mesocarpo da pitaya, que atualmente é considerado um resíduo do consumo e da industrialização da fruta pode ser utilizado como fonte potencial de betacianinas, as quais podem ser facilmente extraídas com água, viabilizando a sua industrialização e custo.



## REFERENCIAS

ALVARADO, M. R. M.; CRUZ, M. A. G.; RINDERMAN, R. S. Pitahaya de México Producción y comercialización en el contexto internacional In: CALUDIO, F. V. **Pitayas y Pitahayas**. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, 2003.

AOAC.ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**.18. ed. Washington, DC, 2005.

ARCADIO, L. B. **Cultivo de la pitaya**. Bogota, Colombia: Federacion de Cafeteros, 1986.

ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J.; TAN, C. P.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R.; LOI, C. C. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. **Food Chemistry**, v. 114, p. 561–564, 2009.

ATTOE, E. L.; VON ELBE, J. H. Photochemical degradation of betanine and selected anthocyanins. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1934–1937, 1981.

ATTOE, E. L.; VON ELBE, J. H. Degradation kinetics of betanine in solutions as influenced by oxygen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 30, p. 708–712, 1982.

ATTOE, E. L.; VON ELBE, J. H. Oxygen involvement in betanin degradation. **European Food Research and Technology**, v. 179, p. 232–236, 1984.

ATTOE, E. L.; VON ELBE, J. H. Oxygen involvement in betanine degradation: effect of antioxidants. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 106–110, 1985.

AZEREDO, H. M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 2365–2376, 2009.

AZIZ, F. A.; NOOR, M. M. Ethanol extract of dragon fruit and its effects on sperm quality and histology of the testes in mice. **Biomedical Research**, v. 21, n. 2, p. 126–130, 2010.

BARBEAU, G. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique, **Fruits**, v. 45, p. 141–174, 1990.

BARNES, H. A.; WALTERS, K. The yeld stress myth. **Rheological Acta**, v. 24, p. 323-326, 1985.

BARNES, H. A., HUTTON, J. F., WALTERS, K. **An introduction to rheology**. New York: Elsevier, 1989.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação da pitaya-vermelha por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.

BELTRÁN-OROZCO, M. C.; OLIVA-COBA, T. G.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; OSORIO-REVILLA, G.. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus Riccobono*). **Agrociencia**, v. 43, n. 2, p. 153-162, 2009.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BENZING, D. H. **Vascular epiphytes, general biology and related biota**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

BILYK, A.; HOWARD, M. Reversibility of thermal degradation of betacyanins under the influence of isoascorbic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 30, p. 906–908, 1982.

BOURNE, M. C. **Engineering and food for the 21st century**. Boca Raton: CRC Press, 2002.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel – Wissenschaft und -Technologie**, v. 22, p. 25-30, 1995.

BRUNINI, M. A.; CARDOSO, S. S..Qualidade de pitaias de polpa branca armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 78-84, 2011.

BUTERA, D.; TESORIERE, L.; DI GAUDIO, F.; BONGIORNO, A.; ALLEGRA, M.; PINTAUDI, A. M.; KOHEN, R.; LIVREA, M. A. Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6895–6901, 2002.

CACIOPPO, O. Pitaya: Una de las mejores frutas producida por Colombia. **Informativo Agroecológico**. Chile: Fundación do Chile, 1990.

CAI, Y.; SUN, M.; CORKE, H. Colourant properties and stability of Amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4491–4495, 1998.

CAI, Y.; CORKE, H. Amaranthus betacyanin pigments applied in model food systems. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 869–873, 1999.

CAI, Y.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried Amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 1248–1252, 2000.

CAI, Y.; SUN, M.; SCHLIEMANN, W.; CORKE, H. Chemical stability and colorant properties of betaxanthin pigments from Celosia argentea. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4429–4435, 2001.

CAI, Y.; SUN, M.; CORKE, H. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2288–2294, 2003.

CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya em Yucatan**. Maxcanú: Yucatán, 1993.

CARDENAS, A.; HIGUERA-CIAPARA, I.; GOYCOOLEA, F. M. Rheology and aggregation of cactus (Opuntia ficus-indica) mucilage in solution. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 2, p. 152–159, 1997.

CASTELLAR, M. R.; OBON, J. M.; ALACID, M.; FERNANDEZ-LOPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2772–2776, 2003.

CASTELLAR, M. R.; OBON, J. M.; FERNANDEZ-LOPEZ, J. A. The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia*

*stricta* fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 122–128, 2006.

CEREZAL, M. P.; PINO, A. J.; SALABARRIA, Y. Red beet (*Beta vulgaris* L.) colourant stability in the form of a concentrated liquor. **Tecnologia Alimentaria**, v. 29, p. 7–16, 1994.

CEREZAL, M. P.; NUNEZ, L. D. Caracterizacion del colourante de remolacha roja (*Beta vulgaris* L.) em polvo. **Alimentaria**, v. 1, p. 91–94, 1996.

CHAROENSIRI, R; KONGKACHUICHA, R.; SUKNICOM, S.; SUNGPUAG, P. Betacarotene, lycopene and alpha – tocopherol contents of selected Thai fruits. **Food Chemistry**, v. 113, p. 202-207, 2009.

CHET, N. W. **Total Phenolic and Total Flavonoids Content of Pitaya Peels by Water Extraction**. 90 f. Tese (Bacharelado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química e Recursos Naturais, Universidade da Malaysia, Pahang, 2009.

CHIK, C. T.; ABDULLAH, A.; ABDULLAH, N.; MUSTAPHA, W. A. W. The effect of maltodextrin and additive added towards pitaya juice powder total phenolic content and antioxidant activity. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOOD ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY IPCBEE, 2009, Bangkok, Tailandia. **International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering**, Elsevier, v. 9, 2010.p. 224.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

CHOO, W. S.; YONG, W. K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, v. 2, n. 3, p. 418-425, 2001.

CLEMENT, J. S.; MABRY, T. J. Pigment evolution in the *Caryophyllales*: a systematic overview. **Acta Botanica Brasilica**, v. 109, p. 360–367, 1996.

COS, P.; DE BRUYNE, T.; HERMANS, N.; APERS, S.; BERGHE, D. V.; VLIETINCK, A. J. Proanthocyanidins in health: current and new trends. **Current Medicinal Chemistry**, v. 10, p.1345-1359, 2004.

CZAPSKI, J. The effect of heating conditions on losses and regeneration of betacyanins. **European Food Research and Technology**, v. 180, p. 21–25, 1985.

CZAPSKI, J. Heat stability of betacyanins in red beet juice and in betanin solutions. **European Food Research and Technology**, v. 191, p. 275–278, 1990.

DAS, U. N. Beneficial effect (s), of n-3 fatty acids in cardiovascular diseases: but, why and how? **Prostag Leukotr**, v. 63, p. 351-362, 2000.

DAUBRESSE, B. M. Le pitahaya, **Fruits Oubliés**, v. 1, p. 15–17, 1999.

DE DIOS, H. C. Distribución geográfica de lãs pitahaya (*Hylocereus*) en la República Mexicana, **Cactaceas y Suculentas Mexicanas**, v. 49, p. 4–23, 2004.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMENEZ, A. R.; PAREDES-LOPEZ, O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains - characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, p. 173–289, 2000.

DI GENOVA, B. M.; LOPES, N. B.; GONÇALVES, L. C. P.; MALASPINA, T.; BASTOS, E. L. Estudo teórico-experimental da influência do pH sobre a estrutura da betanina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32, 2009, Fortaleza. **32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2009. p. QO-041. CD-ROM.

DONADIO, C. D.; NACHTGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas Exóticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998.

DONADIO, L. C.; SADER, A. D. **Curso de pitaya**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2005.

DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.

DOWNHAM, A.; COLLINS, P. Colouring our foods in the last and next millennium. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 35, p. 5–22, 2000.

DRDAK, M.; VALLOVA, M. Kinetics of the thermal degradation of betanine. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 34, p. 307–310, 1990.

ESCRIBANO, J.; CABANES, J.; CHAZARRA, S.; GARCÍA-CARMONA, F. Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase.

Determination of kinetic parameters on the tyramine / dopamine pair. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 4209–4214, 1997.

ESCRIBANO, J.; PEDRENO, M. A.; GARCIA-CARMONA, F.; MUNOZ, R. Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris* L. roots. **Phytochemical Analysis**, v. 9, p. 124–127, 1998.

ESCRIBANO, J.; GANDÍ'A-HERRERO, F.; CABALLERO, N.; PEDRENO, M. A. Subcellular localization and isoenzyme pattern of peroxidase and polyphenol oxidase in beet root (*Beta vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6123–6129, 2002.

ESQUIVEL, P. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. **Agronomía Mesoamericana**, v. 15, n. 2, p. 215-219. 2004.

FAO.FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Compendium of food additive specifications**. Roma, 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/a1447e/a1447e00.htm>>. Acesso em: 21/01/2013.

FERNANDES, L. M. S.; VIEITES, R. L.; CERQUEIRA; R. C.; BRAGA, C. L.; SIRTOLI, L. F.; AMARAL, J. L. Características pós-colheita em frutos de pitaya orgânica submetida a diferentes doses de irradiação. **Revista Biodiversidade**, v. 9, n. 1, p. 15-22, 2010.

FERREIRA E. E.; BRANDÃO P. R. G.; KLEIN B.; PERES A. E. C. Reologia de suspensões minerais: uma revisão. **Revista Escola de Minas**, v. 58, n. 1, 2005.

FLETCHER, A. **Lycopene colorant achieves regulatory approval**. Disponível em: <<http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?n=64939-lycored+lycopene-colour>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2013.

FRANCO, G. V. E. **Tabela de composição química de alimentos**. 6. ed. São Paulo : Atheneu, 1992.

FRANCO, M. M.; GOMEZ, F. R.; TAMEZ, G. P.; CASTILLO, L. L.; RODRIGUEZ, P. C. In vitro immunopotentiating properties and tumour cell toxicity induced by *Lophophora williamsii* (peyote) cactus methanolic extract. **Phytotherapy Research**, v. 17, p. 1076–1081, 2003.

FU, L.; XU, B.T.; XU, X.R.; GAN, R.Y.; ZHANG, Y.; XIA, E.Q.; LI, H.B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. **Food Chemistry**, v.129, p.345–350, 2011.

GAERTNER, V.; GOLDMAN, I. L.. Pigment distribution and total dissolved solids of selected cycles of table beet from a recurrent selection program for increased pigment. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, p. 424–433, 2005.

GARCIA BARRERA, F. A.; REYNOSO, C. R.; GONZALEZ DE MEJIA, E. Estabilidad de las betalaínas extraídas del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). **Food Science and Technology International**, v. 4, p. 115–120, 1998.

GIBSON, A. C.; NOBEL, P. S. **The Cactus Primer**. Cambridge: Harvard University Press, 1986.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401–1412, 1995.

GILL, M. Pigments of fungi (Macromycetes). **Natural Product Reports**, v. 11, p. 67–90, 1994.

GONÇALVES, L. C. P.; LOPES, N. B.; DI GENOVA, B. M.; BAADER, W. J. ; OLIVEIRA JUNIOR, V. X. ; BASTOS, E. L. Propriedades óticas e atividade anti-radicalar de betalaínas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32, 2009, Fortaleza. **32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2009. p. QO-041. CD-ROM.

GRANDÍA-HERRERO, F.; ESCRIBANO, J.; GARCÍA-CARMONA, F. Betaxanthins as pigment responsible for visible fluorescence in flowers. **Planta**, v. 222, n. 4, p. 586–593, 2005.

GRANDÍA-HERRERO, F.; GARCÍA-CARMONA, F.; ESCRIBANO, J. Development of a protocol for the semi-synthesis and purification of betaxanthins. **Phytochemical Analysis**, v. 17, n. 4, p. 262–269, 2006.

GROTEWOLD, E. The genetics and biochemistry of floral pigments. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 761–780, 2006.

HABER, W. A. *Hylocereus costaricensis* (pitahaya silvestre), wild pitahaya. In: JANZEN, D. H. **Costa Rican natural history**. Chicago: Universidade de Chicago, 1983, p. 252–253.

HADI, N. B. A. **Chemical Composition and Activities of Antioxidant Compounds in Red Pitaya Fruit (*Hylocereus* Sp.), And Effects on Glucose and Lipid Profile Level of Hyperglycemia Rats**. 209 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Faculdade de Medicina e Ciências Humanas, Universidade da Malásia, Serdang, 2006.

HAMBURG, A.; HAMBURG, A. The stability properties of red beet pigments: influence of pH, temperature and some stabilizers. **Med Fac Landbouww Univ Gent**, v. 56, p. 693–695, 1991.

HAN, D.; KIM, S. J.; KIM, S. H.; KIM, D. M. Repeated regeneration of degraded red beet juice pigments in the presence of antioxidants. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 69–72, 1998.

HASSAN, B. H.; HOBANI, A. I. Flow properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. **Journal of Food Engineering**, v. 35, n. 4, p. 459–470, 1998.

HAVLÍKOVÁ, L.; MÍKOVÁ, K.; KYZLINK, V. Heat stability of betacyanins. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung**, v. 177, p. 247–250, 1983.

HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Impact of thermal treatment on colour and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 491–498, 2004a.

HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Thermal degradation of betacyanins in juices from purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [Weber] Britton and Rose) monitored by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric analyses. **European Food Research and Technology**, v. 219, p. 377–385, 2004b.

HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Identification of heat-induced degradation products from purified betanin, phyllocactin and hylocerenin by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 19, p. 2603–2616, 2005.

HERBACH, K. M.; ROHE, M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Structural and chromatic stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [Weber] Britton & Rose)



betacyanins as affected by the juice matrix and selected additives. **Food Research International**, v. 39, p. 667–77, 2006.

HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Stability and color changes of thermally treated betanin, phyllocactin, and hylocerenin solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 390–398, 2006a.

HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Betalain stability and degradation – structural and chromatic aspects. **Journal of Food Science**, v. 71, p. 41–50, 2006b.

HOA, T. T.; CLARK, C. J.; WADDELL, B. C.; WOOLF, A. B. Postharvest quality of Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfesting hot air treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 62–69, 2006.

HORN, L. V. Fiber, lipids, and coronary heart disease. A statement for healthcare professionals from the nutrition committee, **American Heart Association. Circulation**, v. 95, p. 2701-2704, 1997.

HUANG, A. S.; VON ELBE, J. H. Stability comparison of two betacyanine pigments – amaranthine and betanine. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 670–674, 1986.

HUANG, A. S.; VON ELBE, J. H. Effect of pH on the degradation and regeneration of betanine. **Journal of Food Science**, v. 52, p. 1689– 1693, 1987.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

HUI, Q. L. **Total phenolic content and total flavonoid of H.Polyrhizus waste extract by using ultrasonic solvents extraction**. 82 f. Tese (Bacharelado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química e Recursos Naturais, Universidade da Malasia, Serdang, 2009.

HUTCHINGS, J.B. **Food Colour and Appearance**. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985.

JACKMAN, R. L.; SMITH, J. L. Anthocyanins and betalains. In: HENDRY, G. A. F.; HOUGHTON, J. D. **Natural Food Colorants**. 2. ed. London : Blackie Academic & Professional, 1996. p. 244–309.

JAMILAH, B.; SHU, C. E.; KHARIDAH, M.; DZULKIFLY, M. A.; NORANIZAN, A. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, v. 18, p. 279-286, 2011.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. Documentos Embrapa Cerrados.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; LIMA, C. A.; SANO, S. M. Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4, 2007, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007. CD-ROM.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; DA FONSECA, K. G.; DE LIMA, C. A.; DOS SANTOS, E. C. Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, 2010.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains - a new class of dietary cationized antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 5178–5185, 2001.

KAWATRA, S. K.; BAKSHI, A. K.; RUSESKEY, M. T. The effect of viscosity on the cut (d50) size of hydrocyclone classifiers. **Minerals Engineering**, v. 9, n. 8, p. 881-891, 1996.

KEARSLEY, M. W.; KATSABOXAKIS, K. Z. Stability and use of natural colours in foods. **Journal of Food Technology**, v. 15, p. 501–514, 1980.

KIM, D. O.; LEE, K. W.; LEE, H. J.; LEE, C. Y. Vitamina C equivalente antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3713-3717, 2002.

KLEINHEINZ, A.; LEPP, U.; HAUSEN, B. M.; PETERSEN, A.; BECKER, W. M. Anaphylactic reaction to (mixed) fruit juice containing dragon fruit **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 124, n. 4, p. 841-842, 2009.

KUGLER, F.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Identification of betalains from petioles of differently coloured Swiss chard (*Betavulgaris* L. ssp. *cicla* [L.] Alef.cv. Bright Lights) by highperformance liquid chromatography–electrospray ionization mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 2975–2981, 2004.

LAKO, J.; TRENERRY, V. C.; WAHLQVIST, M.; WATTANAPENPAIBOON, N.; SOTHEESWARAN, S.; PREMIER, R. Phytochemical flavanols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetable and other readily available foods. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1727-1741, 2007.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): A new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, p. 237-250, 2006.

LEE, C.Y.; SMITH, N.L. Blanching effect on polyphenol oxidase activity in table beets. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 82–86, 1979.

LEE, C. H.; WETTASINGHE, M.; BOLLING, B. W.; JI, L. L.; PARKIN, K. L. Betalains, phase-II enzyme-inducing components from red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts. **Nutrition and Cancer**, v. 53, p. 91–103, 2005.

LI-CHEN, W.; HSIU-WEN, H.; YUN-CHEN, C.; CHIH-CHUNG, C.; YU-IN, L.; JA-AN, A. H. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, v. 95, p. 319-327, 2006.

LIM, H. K.; TAN, C. P.; KARIM, R.; ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus cacti* seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1326–1331, 2010.

LIU, R. H. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. American. **Journal of Clinical Nutrition**, v. 78, p. 517S–520S, 2003.

LU, G.; EDWARDS, C. G.; FELLMAN, J. K.; MATTINSON, D. S.; NAVAIZIO, J. Biosynthetic origin of geosmin in red beets (*Beta vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 1026–1029, 2003.

LUCAS, C. D.; HALLAGAN, J. B.; TAYLOR, S. L. The role of natural color additives in food allergy. **Advances in Food & Nutrition Research**, v. 43, p. 195-216, 2001.

LUDERS, L.; MCMAHON, G. **The pitaya or Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*)**. Austrália: Northern Territory Government. Department of Primary Industry, Fisheries and Mines, n. D42, 2006.4 p. Relatório técnico.

LUZ-FERNANDEZ, M.; TREJO, A.; MCNAMARA, D. J. Pectin isolated from prickly pear (*Opuntia* sp.) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. **Journal of Nutrition**, v. 120, p. 1283–1290, 1990.

LUZ-FERNANDEZ, M.; LIN, E. C. K.; TREJO, A.; MCNAMARA, D. J. Prickly pear (*Opuntia* sp.) pectin reverses low density lipoprotein receptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pigs. **Journal of Nutrition**, v. 122, p. 2330–2340, 1992.

LUZ-FERNANDEZ, M.; LIN, E. C. K.; TREJO, A.; MCNAMARA, D. J. Prickly pear (*Opuntia* sp.) pectin alters hepatic cholesterol metabolism without affecting cholesterol absorption in guinea pigs fed a hypercholesterolemic diet. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 817–824, 1994.

MAG / IICA. **Identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas tradiciones de exportación**. Ecuador: Subprograma de Cooperación Técnica, 2001. Relatório

MARIASSYOVA, M.; SILHAR, S. Conversion of betalains in the presence of antioxidants. **Journal of Food Sciences**, v. 18, p. 220–221, 2000.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Antocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton: CRC, 1993.

MERTEN, S. A review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal PACD**, v. 32, n. 4, p. 98–105, 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, v. 18, p. 291–320, 1997.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti—new arid lands fruit crops. In: JANICK, J. **Perspective in new crops and new crops uses**. Alexandria: ASHS, 1999. p. 358–366.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; SITRIT, Y. New Fruits for Arid Climates. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS, 2002.

MOßHAMMER, M. R.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Development of a process for the production of a betalain-based colouring food stuff from cactus pear. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, p. 221–231, 2005a.

MOßHAMMER, M.R.; STINTZING, F.C.; CARLE, R. Colour studies on fruit juice blends from *Opuntia* and *Hylocereus cacti* and betalain-containing model solutions derived therefrom. **Food Research International**, v.38, p.975–981, 2005b.

MOHSENIN, N.N. **Physical proprieties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1978.

MORRIS, E. R. Polysaccharide Rheology and In-Mouth Perception. In: STEPHEN, A. M. **Food polysaccharides and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 517-546.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. Manual de soluções, reagentes e solventes: padronização, preparação, purificação. 13. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

MUÑOZ, D. C.; LEDESMA, S. J.; CHÁVEZ, V. A.; PÉREZ–GIL, R. F.; MENDOZA, M. E.; CASTAÑEDA, L. J.; CALVO, C.; CASTRO, G. I.; SÁNCHEZ, C. C.; ÁVILA, C. A. **Los Alimentos y sus Nutrientes. Tablas de Valor Nutritivo de Alimentos**. México: Mc Graw Hill Interamericana, 2002.

NASSAR, S. M.; WRONSCKI, V. R.; OHIRA, M. **Sestatnet** - Sistema especialista para o ensino de estatística na web. Disponível em: <http://www.sestatnet.ufsc.br>. Acesso em: 04 de novembro de 2013.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, v. 18, p. 321-346, 1997.

NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 39–45, 1999.

NERD, A.; TEL–ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruit of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P. S. **Cacti: biology and uses**. Los Angeles: UCLA, 2002. p. 254–262.

NILSSON, T..Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). **Lantbrukhogskolans Annaler**, v. 36, p. 179–219, 1970.

NOBEL, P. S.; CAVELIER, J.; ANDRADE, J. L. Mucilage in cacti: Its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations. **Journal of Experimental Botany**, v. 43, p. 641–648, 1992.

NUR 'ALIAA, A. R.; SITI MAZLINA, M. K.; TAIP, F. S Impact of commercial pectolytic enzymes on selected properties of white dragon fruit juice. **Journal - The Institution of Engineers**, v. 71, n. 4, p. 21-25, 2010.

NUR 'ALIAA, A. R.; SITI MAZLINA, N. J. M. K.; TAIP, F. S.; LIEW ABDULLAH, A. G. Response surface optimization for clarification of white pitaya juice using a commercial enzyme. **Journal of Food Process Engineering**, v. 33, n. 2, p. 333–347, 2010.

NUR 'ALIAA, A. R.; SITI MAZLINA, M. K.; TAIP, F. S. Effects of commercial pectinases application on selected properties of red pitaya juice. **Journal of Food Process Engineering**, v. 34, n. 5, p. 1523–1534, 2011.

ORTIZ, H. Y. D.; LIVERA, M. M. La pitahaya (*Hylocereus spp*): Recurso genético de América. In: CONGRESO NACIONAL Y INTERNACIONAL SOBRE EL CONOCIMIENTO Y APROVECHAMIENTO DEL NOPAL, 6. 4., 1995, Guadalajara. **Memórias...** Guadalajara: p. 191-194

ORTÍZ, H. Y.; LIVERA, M. M.; ALCÁNTARA, G. G. Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus spp*) . In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE EL CULTIVO Y APROVECHAMIENTO DE LA PITAYA (*Stenocereus*) Y LA PITAHAYA (*Hylocereus y Selenicereus*). Guadalajara, 2000.

PASCH, J. H.; VON ELBE, J. H. Betanine stability in buffered solutions containing organic acids, metal cations, antioxidants, or sequestrants. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 72–74, 1979.

PEDREÑO, M. A.; ESCRIBANO, J. Correlation between antiradical activity and stability of betanine from *Beta vulgaris L.* roots under different pH, temperature and light conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 627–631, 2001.

PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, 2000.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURO-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, p.791-800, 2006.

PHEBE, D.; CHEW, M. K.; SURAINI, A. A.; LAI, O. M.; JANNA, O. A. Red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit colour and betacyanin content depend on maturity. **International Food Research Journal**, v. 16, p. 233-242, 2009.

PILETTI, R. **Extração da mucilagem da tuna (*Cereus hildmaniannus* K. Schum) para aproveitamento industrial**. 96 f. Dissertação Mestrado em Engenharia Química – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2011.

PINTO, K. M.; DE ABREU, W. C.; LOPES, C. O.; BARCELOS, W. F. P.; OLIVEIRA, L. A.; DE CARVALHO, G. B. M. Caracterização física de duas variedades de pitaya. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 19. 2010, Lavras. **Anais.....UFLA**, 2010. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/lavras/resumos/1798.pdf>>. Acesso em: 10 de novembro de 2012.

POMERANZ, Y. **Functional properties of Food lipids**. Florida: CRC, 2003.

PSZCZOLA, D. E. Natural colours: pigments of imagination. **Food Technology**, v. 52, p. 70–76, 1998.

PUNITHA, V.; BOYCE, A. N.; CHANDRAN, S. Effect of storage temperatures on the physiological and biochemical properties of *hylocereus polyrhizus*. **Acta Horticulturae**, v. 875, p. 137-144, 2010.

QUEIROZ, A. J. M. **Estudo do comportamento reológico dos sucos de abacaxi e manga**. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.1998.

RAMIREZ-TRUQUEA, C.; ESQUIVELA, P.; CARLEB, R. Neutral sugar profile of cell wall polysaccharides of pitaya (*Hylocereus* sp.) fruits. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, p. 1134–1138, 2011.

RAO, M. A. Measurement of flow and viscoelastic properties. In: RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. Gaithersburg: Aspen Publication, 1999.

RAVEH, E.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. **Scientia Horticulturae**, v. 73, p. 151–164, 1997.

RAZAK, M. S. A. **Ultrasonic Extraction of antioxidant compound from red pitaya**. 38 f. Tese (Bacharelado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química e Recursos Naturais. Universidade da Malásia, Pahang. 2009

REBECCA, O. P. S.; BOYCE, A. N.; CHANDRAN, S. Pigment identification and antioxidant properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 10, p. 1450-1454, 2010.

ROSSI, J. A. J.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

RUI, H.; ZHANG, L.; ZUOWEI, L.; PAN, Y. Extraction and characteristics of seed kernel oil from white pitaya. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 482–486, 2009.

SAENZ, C.; SEPULVEDA, E.; MATSUHIRO, B. Opuntia spp. mucilages: A functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v. 57, p. 275–290, 2004.

SAENZ, C. Opuntia spp. Bioactive compounds in foods: a plus for health. **Acta Horticulturae**, v. 728, p. 231–239, 2006.

SAGUY, I. Thermostability of red beet pigments (betanine and vulgaxanthin-I): influence of pH and temperature. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1554–1555, 1979.

SAGUY, I.; GOLDMAN, M.; BORD, A.; COHEN, E. Effect of oxygen retained on beet powder on the stability of betanine and vulgaxanthine-I. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 99–101, 1984.

SALINAS, A. S. **La jugosa historia de las frutas**. México: Clío, 2000.

SAPERS, G. M.; HORNSTEIN, J. S. Varietal differences in colorant properties and stability of red beet pigments. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1245–1248, 1979.



SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: Fundamentos Teóricos e Práticos**. São Paulo: Artliber, 2006.

SCHWARTZ, S. J.; VON ELBE, J. H. Identification of betanin degradation products. **European Food Research and Tecxhnology**, v. 176, p. 448–453, 1983.

SCHLIEMANN, W.; KOBAYASHI, N.; STRACK, D. The decisive step in betaxanthin biosynthesis is a spontaneous reaction. **Plant Physiology**, v. 119, p. 1217–1232, 1999.

SERRIS, G. S.; BILIADERIS, C. G. Degradation kinetics of beetroot pigment encapsulated in polymeric matrices. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 691–700, 2001.

SHENOY, V. R. Anthocyanins - Prospective food colours. **Current Science**, v. 64, p. 575–579, 1993.

SHETTY, A. A.; RANA, M. K.; PREETHAM, S. P. Cactus: a medicinal food. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 5, p. 530–536, 2011.

SINGER, J. W.; VON ELBE, J. H. Degradation rates of vulgaxanthine I. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 489–491, 1980.

SOBKOWSKA, E.; CZAPSKI, J.; KACZMAREK, R. Red table beet pigment as food colorant. **International Food Ingredients**, v. 3, p. 24–28, 1991.

SOUZA, C. E. Fruta exótica pouco cultivada na região faz sucesso. **Jornal Diário da Região**, São José do Rio Preto, 09 de agosto de 2012. Disponível em: <[http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo\\_noticia](http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo_noticia) > Acesso em: 09 de agosto de 2012.

STAFFORD, H. A. Anthocyanins and betalains: evolution of the mutually exclusive pathways. **Plant Science**, v. 101, p. 91–98, 1994.

STEGLICH, W.; STRACK, D. Betalains. In: BROSSI, A. **The Alkaloids Chemistry and Pharmacology**. v. 39. San Diego, California: Academic Press Inc, 1990. p. 1–62.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Amino acid composition and betaxanthin formation in fruits from *Opuntia ficus-indica*. **Planta Medica**, v. 65, p. 632–635, 1999.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. **European Food Research and Technology**, v. 212, p. 396–407, 2001.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. **Food Chemistry**, v. 77, p. 101–106, 2002a.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] by high-performance liquid chromatography– electrospray ionization mass spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2302–2307, 2002b.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. **European Food Research and Technology**, v. 216, p. 303–311, 2003.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, p. 19–38, 2004.

STINTZING, F. C.; CONRAD, J.R.; KLAIBER, I. ; BEIFUSS, U.; CARLE, R.. Structural investigations on betacyanin pigments by LC NMR and 2D NMR spectroscopy. **Phytochemistry**, v.65, p.415–422, 2004a.

STINTZING, F. C.; KAMMERER, D.; SCHIEBER, A.; ADAMA, H.; NACOUлма, O. G.; CARLE, R. Betacyanins and phenolic compounds from ***Amaranthus spinosus*** L., and ***Boerhavia erecta*** L. **Zeitschrift fur Naturforsch C/J Biosciences**, v. 59, p. 1–8, 2004b.

STINTZING, F. C.; KLAIBER, I.; BEIFUSS, U.; CARLE, R. Structural investigations on betacyanin pigments by LC NMR and 2D NMR spectroscopy, **Phytochemistry**, v. 65, p. 415–422, 2004c.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems: a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, n. 2, p. 175–194, 2005.

STINTZING, F. C.; HERBACH, K. M.; MOßHAMMER, M. R.; CARLE, R.; YI, W.; SELLAPPAN, S.; AKOH, C. C.; BUNCH, R.; FELKER, P. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 442–451, 2005.

STINTZING, F.; CARLE, R. Cactus fruits – more than colour. **Fruit Processing**, v. 16, n. 3, p. 166–171, 2006.

STRACK, D.; STEGLICH, W.; WRAY, V. Betalains. In: DEY, P.M.; HARBORNE, J. B. **Methods in plant biochemistry**. London : Academic Press Limited. p. 421–450, 1993.

STRACK, D.; VOGT, T.; SCHLIEMANN, W. Recent advances in betalain research, **Phytochemistry**, v.62, p.247–269, 2003.

SZENTMIHALYI, K.; VINKLER, P.; LAKATOS, B.; LLLÉS, V.; THEN, M. Rose hip (*Rosa amina* L) oil obtained from waste hip seeds by different extraction methods. **Bioresource Technology**, v. 82, p. 195-201, 2002.

TANG, C. S.; NORZIAH, M. H. Stability of betacyanin pigments from red purple pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*): influence of pH, temperature, metal ions and ascorbic acid. **Indonesian Journal of Chemistry**, v. 7, n. 3, p. 327-331, 2007.

TESORIERE, L.; BUTERA, L.; ALLEGRA, M.; FAZZARI, M.; LIVREA, M. A. Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1266–1270, 2005.

TO, L.V.; NGU, N.; DUC, N. D.; HUONG, H. T. T. Dragon Fruit Quality and Storage Life: Effect of Harvest Time, Use of Plant Growth Regulators and Modified Atmosphere Packaging. Proc. IS on Trop. & Subtrop. Fruits. **Acta Horticulturae**, v. 575, p. 611-621, 2002.

TREJO-GONZALEZ, A.; GABRIEL-ORTIZ, G.; PUEBLA-PEREZ, A. M.; HUI´ZAR-CONTRERAS, M. D.; MUNGUIA-MAZARIEGOS, M. R.; MEJIA-ARREGUIN, S.; CALVA, E. A purified extract from prickly pear cactus (*Opuntia fuliginosa*) controls experimentally induced diabetes in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 55, p. 27–33, 1996.

VALEZ, C. A. F. **Pitayas y Pitahayas. Producción, poscosecha, industrialización y comercialización**. Mexico: CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, 2003.

VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DAVILA, I.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colourant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus sp.*) **Fruits**, v. 60, p. 1–10, 2005.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits in Ecuador. **Food Chemistry**, v. 11, p. 816-823, 2008.

VON ELBE, J. H. Stability of betalaines as food colors. **Food Technology**, v. 5, p. 42–44, 1975.

VON ELBE, J. H.; ATTOE, E. L. Oxygen involvement in betanine degradation – Measurement of active oxygen species and oxidation reduction potentials. **Food Chemistry**, v. 16, p. 49–67, 1985.

WASSERMAN, B. P.; GUILFOY, M. P. Solubilization of the red beet cell wall betanin decolorizing enzyme. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1075–1077, 1984.

WICHIENTHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, v. 120, p. 850–857, 2010.

WU, M. C.; CHEN, C. S. Variation of sugar content in various parts of pitaya fruit. **Florida State Horticultural Society**, v. 110, p. 225-227, 1997.

WYBRANIEC, S.; PLATZNER, I.; GERESH, S.; GOTTLIEB, H. E.; HAIMBERG, M.; MOGILNITZKI, M. Betacyanins from vine cactus *Hylocereus polyrhizus*. **Phytochemistry**, v. 58, p. 1209–1212, 2001.

WYBRANIEC, S.; MIZRAHI, Y. Fruit flesh betacyanin pigments in *Hylocereus cacti*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6086-6089, 2002.

WYBRANIEC, S. Formation of decarboxylated betacyanins in heated purified betacyanin fractions from red beet root (*Beta vulgaris* L.) monitored by LC-MS/MS **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 3483–3487, 2005.

WYBRANIEC, S.; MIZRAHI, Y. Generation of decarboxylated betacyanins in thermally treated purified fruit extract from purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) monitored by LC-MS/MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 6704–6712, 2005.

WYBRANIEC, S.; NOWAK-WYDRA, B.; MITKA, K.; KOWALSKI, P.; MIZRAHI, Y. Minor betalains in fruits of *Hylocereus* species. **Phytochemistry**, v. 68, p. 251–259, 2007.

YUSOF, Y. A.; MOHD SALLEH, F. S.; CHIN, N. L.; TALIB, R. A. The drying and tableting of pitaya powder. **Journal of Food Process Engineering**, v. 35, n. 5, p. 763–771, 2012

ZAINOLDIN, K. H.; BABA, A. S. The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v.60, p. 361-366, 2009.

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). **Fruits and Nuts**, v. 9, p. 1-3, 2004.

ZHIJIAN, D.; XIN, Y. Studies on the stability of red pigment in *Hylocereus undatus* fruit. **Journal of South China Agricultural University**, v. 24, p. 79–83, 2003.

ZRYD, J. P.; CHRISTINET, L. Betalains. In: DAVIES, K. M. **Plant pigments and their manipulation**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 185–247.